

Die Sylvesterkapelle zu Goldbach

Ein Schlüsselbau für Maß und Zahl in der Baukunst des frühen Mittelalters

Hecht, Konrad

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 28, 1977,
S.137-186



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

Die Sylvesterkapelle zu Goldbach

ein Schlüsselbau für Maß und Zahl in der Baukunst des frühen Mittelalters

Von *Konrad Hecht*

Cum lapides vivi pacis compagne ligantur
Inque pares numeros omnia conveniunt
Claret opus domini totam qui construit aulam

...

Sind die lebendigen Steine zur Einheit friedlich verbunden,
Stimmen in jeglichem Teil Zahl und Maß überein,
So wird leuchten das Werk des Herrn, der die Halle geschaffen

...

(Dedikationsinschrift im Achteck der Pfalzkirche zu Aachen,
übersetzt von C. Springsfeld)

Eine Wegstunde westlich der Stadt Überlingen steht die Sylvesterkapelle neben der Mündung des Goldbachs am Ufer des Bodensees. Die ungegliederten Mauern ihres Saalschiffs tragen ein Satteldach. Weitere Sättel decken den eingezogenen, platt schließenden Chor und den gleichfalls eingezogenen, ebenfalls rechteckigen Westbau¹⁾.

Wer eintritt, findet in diesem unscheinbaren Gehäuse Wandmalereien des frühen Mittelalters: Im Chor — einst zu Seiten einer Majestas — sitzende Apostel. Im Schiff, wo sich mitten in der Südwand zwei Rundbogenfenster übereinander öffnen, rechnet das untere Fenster und der dicht über ihm hinziehende Deckenfries zu einem älteren Bestand. Das obere Fenster, genauso auf der Nordseite sein Gegenüber und ebenso auf beiden Langseiten des Schiffs zwei weitere Fenster, von denen beim Einbrechen gotischer Fenster nur Bruchstücke der Rahmenborten übrigblieben, sind dazu benützt, in einem von Friesen gesäumten Bildstreifen Szenen aus dem Leben Christi voneinander zu scheiden.

Der Wunsch, mit der Distanz dieser Fenster die im heutigen Befund undeutliche Breite der Bildfelder näher zu bestimmen, führte zu Erkenntnissen, von denen hier zu berichten ist.

Im Grundriß der Kapelle (Abb. 1) fällt auf: Die äußeren Fluchten des Chores, die inneren Fluchten des Schiffs und die äußeren Fluchten des Westbaues liegen auf denselben Geraden. Die Distanz dieser Geraden kehrt wieder zwischen der äußeren

¹⁾ J. Hecht, *Der romanische Kirchenbau des Bodenseegebietes*, Basel 1928. — A. Knoepfli, *Kunstgeschichte des Bodenseeraumes*, Bd. 1, Konstanz und Lindau 1961 (mit Angabe der jüngeren Literatur). — F. Oswald, L. Schaefer und H. R. Sennhauser, *Vorromanische Kirchenbauten*, München 1966. — Die Abbildungen 3—6 des vorliegenden Aufsatzes zeichnete Herr cand. arch. H. Dannewitz. Alle weiteren Abbildungen verdanke ich meiner Frau, Dipl.-Ing. G. Hecht-Leonhard.

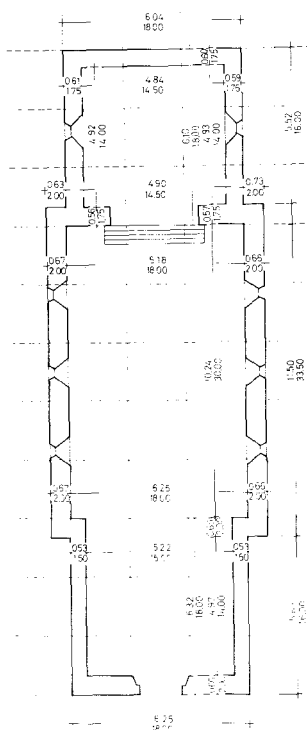


Abb. 1: Goldbach Sylvesterkapelle, Grundriß 1:250

Ostflucht des Chores und der inneren Ostflucht des Schiffes, nochmals zwischen der inneren Westflucht des Schiffes und der äußeren Westflucht des Westbaues. Weiter: Die Seitenlänge des Chor- und des Westbauquadrats, mithin auch die Breite des Schiffes, verhält sich zur Länge des Schiffes wie 3:5. Dies bedeutet: Im Grundriß der Kapelle sind zwischen den genannten Fluchten im Chor und genauso im Westraum 3×3 , im Schiff 3×5 Quadrate zu denken.

Die Seitenlänge dieser Quadrate mißt 2,055 m. Dieses Maß entspricht offenkundig dem Vielfachen einer Maßeinheit.

Für ein Bauwerk des frühen Mittelalters stellt die Literatur folgende Maßeinheiten zur Wahl: den römischen Fuß (nach v. Gerkan 29,42 cm), den drusianischen oder „karolingischen“ Fuß (nach Hanftmann 33,29 cm), einen weiteren „karolingischen“ Fuß (nach Kutsch 34 cm), schließlich den langobardischen Fuß (nach Behn 43,6 cm, nach Juraschek 42,5 cm). In diesen Maßeinheiten ausgedrückt entspricht die Länge unserer Quadratseiten 6,98' römisch, 6,17' drusianisch-„karolingisch“, 6,04' „karolingisch“, 4,71' bzw. 4,83' langobardisch. Die Länge der Quadratseiten ist dem-

nach in keiner dieser Maßeinheiten als ein ganzzahliges Vielfaches darzustellen. Nun ist die (bereits ausgemittelte) Länge der Quadratseiten, wie noch zu zeigen ist, von Bauungenauigkeit faktisch frei. Die vorauszusetzende Übereinstimmung von Quadratseiten und Vielfachem einer Maßeinheit ist demnach nur herzustellen, wenn die Größe der Maßeinheit nachrückt.

Bei 7' enthält sie 29,36 cm. Für einen abgeminderten römischen Fuß mag dieser Wert angehen; hier auf die Baumaße angewandt, führt er jedoch zu keinem Ziel. Bei 6' bleiben drusianisch-„karolingische“ und der „karolingische“ Fuß soweit zurück, daß sie ausscheiden. Bei $4\frac{3}{4}'$ erhält der langobardische Fuß ein Äquivalent, mit dem hier nichts auszurichten ist. Mit dem Sechstel der Seitenlänge des Quadrats — $2,055:6,00 \rightarrow 34,25$ cm — ist dagegen ohne anzustoßen möglich, jedes Maß, das beim Bau der Kapelle und bei der Austeilung ihrer Wandmalereien angesetzt wurde (IST), in Maßzahlen (FUSS) anzugeben und über das Produkt von Maßzahl und Maßeinheit (SOLL) die den Bauhandwerkern oder danach dem Maler unterlaufenen Ungenauigkeiten (DIFF.) in Zentimetern anzugeben²⁾.

Grundriß (Quermaße)

IST		FUSS		SOLL		DIFF.	
0,61	} 6,04	1,75	} 18,00	0,60	} 6,16	+1	} -12
4,84		14,50		4,97		-13	
0,59		1,75		0,60		-1	
0,63	} 7,45	2,00	} 22,00	0,68	} 7,53	-5	} -8
0,61		1,75		0,60		+1	
4,90		14,50		4,97		-7	
0,59		1,75		0,60		-1	
0,72		2,00		0,68		+4	
0,67	} 7,51	2,00	} 22,00	0,68	} 7,53	-1	} -2
6,18		18,00		6,16		+2	
0,66		2,00		0,68		-2	

²⁾ Das Vielfache der Maßeinheit ist manchmal um duodezimale Bruchteile (Zoll) erweitert. Da wir dieser Rechnungsart entwöhnt sind und auch die Rechenmaschine mit ihr nicht umzugehen vermag, sind diese Bruchteile hier dezimal angeschrieben:

1/12	0,8333	7/12	0,5833
2	0,1666	8	0,6666
3	0,2500	9	0,7500
4	0,3333	10	0,8333
5	0,4166	11	0,9166
6	0,5000	12	1,0000

Dazu aus der fortschreitenden Halbierung:

1/8	0,125	5/8	0,625
3	0,375	7	0,875

IST		FUSS		SOLL		DIFF.
0,67	7,58	2,00	22,00	0,68	7,53	-1
6,25		18,00		6,16		+9
0,66		2,00		0,68		-2
0,53	6,28	1,50	18,00	0,51	6,16	-2
5,22		15,00		5,14		+8
0,53		1,50		0,51		+2
6,25		18,00		6,16		+9

Längsmaße (bereits ausgemittelt)

0,60	6,10	1,75	18,00	0,60	6,16	—	—6
4,93		14,50		4,96		-3	
0,57		1,75		0,60		-3	
10,24	22,66	30,00	66,00	10,27	22,60	-3	+6
0,69		2,00		0,68		+1	
4,97		14,00		4,79		-18	
0,66	6,32	2,00	18,00	0,68	6,16	-2	+16

Die *Mauerstärke* ist gestaffelt: 2' für die Mauern des Schiffs und für die Giebelmauer des Westraumes, $1\frac{3}{4}'$ für die Mauern des Chores, $1\frac{1}{2}'$ für die Längsmauern des Westraumes. Diese Staffelung ist zum einen in der Konstruktion, zum anderen in einer Wertung der Teilräume begründet: Die größte Mauerstärke ist den höchsten bzw. vom Wetter am heftigsten angegriffenen Mauern (Schiff bzw. Giebelmauer des Westraumes) vorbehalten. Die zweite Mauerstärke gilt dem Chor. Mit geringsten Stärke müssen sich hinter den Traufseiten des Westraumes die Vorhalle und die Empore begnügen.

Auch die Lage, genauso die Weite der *Fenster* läßt sich in Fußzahlen angeben. Im Chor sind die Fensterachsen 2,22 m ($6\frac{1}{2}' = 2,23$ m) von der Ostwand entfernt. Da die Fensterleibungen 1,20 m ($3\frac{1}{2}' = 1,20$ m) weit sind, blieben dem Maler östlich der Fenster $4\frac{3}{4}'$, westlich $6\frac{1}{4}'$ zur Verfügung. Im Schiff mißt man zwischen den Kehlen und den äußeren Fensterachsen des zweiten Bauzustandes — aus dem vorausgehenden Zustand kennen wir nur das eine Fenster der Südseite — östlich wie westlich 2,40 m ($7' = 2,40$ m), zwischen den Achsen der Fenster jeweils 2,75 m ($8' = 2,74$ m)³⁾. Da die Fensterleibungen sich 1,02 m ($3' = 1,03$) weit öffnen, blieben dem Maler hier östlich und westlich $5\frac{1}{2}'$, zwischen den Fenstern jeweils 5'.

³⁾ Der Achsenfolge des Inneren — 7' — 8' — 8' — 7' — entspricht im Äußeren, da hier der erste wie der letzte Abschnitt um eine Mauerstärke verbreitert ist, 9' — 8' — 8' — 9'. Die Wahl gerade dieser Abstände entsprang demnach dem Wunsch, im Inneren wie am Äußeren wenigstens kompromißweise gleichgroße Abschnitte herzustellen.

In den Längsmauern des Schiffs sitzen, auf der Innen- und auf der Außenseite einander entsprechend, je zwei türgroße, im Rundbogen schließende *Nischen*⁴⁾. Im Inneren mißt man von den östlichen Raumkehlen bis zur Achse der ersten Nischen 3,05 m ($9' = 3,08$ m), zwischen den Nischenachsen 3,60 m ($10\frac{1}{2}' = 3,60$ m), bis zur westlichen Raumkehle ebensoviel. Die Breite der Nische entspricht im Mittel 1,165 m ($3\frac{5}{12}' = 1,17$ m)⁵⁾.

Den *Aufriß* (Abb. 2) bestimmen folgende Maßzahlen:

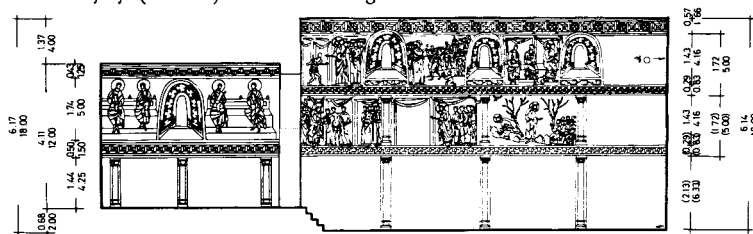


Abb. 2: Goldbach Sylvesterkapelle, Südseite von Chor und Schiff,
Wiederherstellung, 1:200

Im *Chor* messen Scheitelabstand, Fensterhöhe und Sohlbankhöhe

0,50	1,50	0,51	—1
1,67	4,75	1,63	+4
1,94	5,75	1,97	—3
4,11		4,11	
12,00		—	

Im *Schiff* steigt der Fußboden ostwärts auf der Nordseite um 19 cm, auf der Südseite um 16 cm. Im Westen hat er nordwärts 3 cm Gefälle⁶⁾. Der 1904/1905 horizontal eingebrachten Bretterdecke gegenüber steigt der Deckenfries der Wandmalerei ostwärts auf der Nordseite um 12 cm, auf der Südseite um 4 cm. In den Kehlen des Schiffs mißt man demnach vom Boden bis zur ursprünglichen Deckenhöhe östlich 6,14 bzw. 6,05 m, westlich 6,21 bzw. 6,17 m. Das algebraische Mittel

- ⁴⁾ Von diesen in die Abbildungen nicht aufgenommenen Nischen öffnen sich die westlichen der Nordseite zur heute benützten Pforte. Auch die drei weiteren Nischenpaare dürften als einstige Durchgänge zu verstehen sein, zumal J. Sauer als zuständiger Denkmalpfleger berichtete, man habe „anlässlich der Restaurationsarbeiten ... durch Grabungen zwei quadratische Ausladungen an der einen Langschiffwand feststellen können, denen höchstwahrscheinlich zwei andere an der entgegengesetzten Wand entsprachen“ (Freiburger Diözesanarchiv, 10, 1909, S. 271). Die Frage nach Gestalt, Verwendung und Datierung dieser Anbauten ist offen, ein Grabungsbericht liegt nicht vor.
- ⁵⁾ Für die lichte Weite frühmittelalterlicher Türen stellt man nicht selten unhandliche Maßzahlen fest. Auf dem Umweg über die Maße des Anschlags scheinen diese Weiten aus den in runden Maßzahlen benannten Abmessungen der Türflügel abgeleitet zu sein. Man vergleiche dazu in Anm. 68 die Abmessungen der Bronzetüren der Aachener Pfalzkirche.
- ⁶⁾ In der Absicht, aufsteigende Feuchtigkeit abzdämmen, hat man 1962 diesen Fußboden entfernt und über einer Betonschicht einen neuen Belag hergestellt.

In der 5' hohen Bildzone sitzen die Apostel auf Thronbänken. Die horizontalen Kanten dieser Bänke haben folgende Abstände:

0,67 } 0,30 }	0,97	1,875 } 0,875 }	2,75	0,64 } 0,30 }	0,94	+3 } — }	+3
0,20 } 0,23 }	0,43	0,583 } 0,666 }	1,25	0,20 } 0,23 }	0,43	— } — }	—
0,17 } 0,17 }	0,34	0,50 } 0,50 }	1,00	0,17 } 0,17 }	0,34	— } — }	—
			5,00		1,71		+3

Die Bildzone wird von gemalten Säulen gestützt. Deren Kapitelle sind 0,29 m ($\frac{3}{8}' = 0,29$ m) breit und 0,26 m ($\frac{3}{4}' = 0,26$ m) hoch.

Die untere Begrenzung der Bildzone hat der Maler in die Sohlbankhöhe der Fenster gelegt. Ob er sich so bereits vor oder erst nach Errichtung des Baues entschied, ist ungewiß. In einer gleichartigen Frage eindeutig ist ein zweiter Befund: Die Thronbänke, auf denen sich die Apostel niederließen, sind scheinperspektivisch dargestellt. Die seitliche Ausladung von Sitztruhe und Podium dieser Bänke zusammen beansprucht etwa 20 cm. Würden die Bänke gegen die östlichen Raumkehlen hin auf allen drei Wänden mit dieser Ausladung enden, säßen die Apostel von den Raumkehlen weit abgerückt. Der Maler hat jedoch einen personalen und kompositionellen Zusammenhang verwirklicht, wie er nur einer mit der Architektur verbundenen Malerei abgefordert und ihr auch nur vom Architekten ermöglicht werden kann: Über die östlichen Raumkehlen hinweg hat er die benachbart stehenden Apostelbänke zu jeweils einem Möbel zusammengezogen. In U-Form angeordnet sitzen nun zu Seiten der Majestas auf der Ostwand zwei und anschließend auf den Längswänden zwei weitere Apostelpaare. Es folgen in den Längswänden die aus der Wandmitte gerückten Fenster. Das fünfte und das sechste Apostelpaar sitzen in

⁷⁾ In der Vierung der Stiftskirche zu Reichenau-Oberzell findet man über dem gotischen Gewölbe, zwischen die Unterzüge der frühmittelalterlichen Bretterdecke hineingreifend, noch den ursprünglichen Deckenfries. Hier ist deutlich zu erkennen, wie die Maler ihre Arbeit begannen: Die diesen Fries beschließende Kontur zeigt nirgends die Schwankungen eines mit freier Hand geführten Pinsels. Sie ist vielmehr eine Gerade im mathematischen Sinn, die — und dies ist auffällig — nach den Enden hin schwächer wird und ausläuft, ohne die Raumkehlen zu erreichen. Genau in Höhe dieser Kontur, etwa 30 cm von den Raumkehlen entfernt, ist beiderseits ein etwa 2 cm langer, waagerechter rotbrauner Pinselstrich zu sehen, dazu, wenig tiefer und etwa eine Handbreit von der Kehle entfernt, der Abdruck eines mit rotbrauner Farbe verschmierten Daumens. Nach alledem haben die Maler in Höhe der zunächst angesetzten Höhenmarken eine mit Farbe getränkte Schnur gegen den Putz geklatscht, wobei sie die geschlossene Hand mit dem Daumen stützten. Die noch nicht straff gespannte Schnur hat an mehreren Stellen ungewollte Spuren hinterlassen. Horizontalen von einiger Länge haben die Maler gewiß nicht nur in Oberzell auf diese Weise gemessen, markiert und dargestellt.

den restlichen Abschnitten der Seitenwände gesondert. Dieses wohlüberlegte Hand-in-handgehen von Bau und Wandmalerei setzt voraus, daß die Absicht des Malers bereits in der Bauplanung der Kapelle ihren Niederschlag fand⁸⁾.

Im *Schiff* haben sich von der Ausmalung des ersten Bauzustandes außer Abschnitten des Deckenfrieses nur Bruchstücke der Tituli erhalten. Die in diesen Texten angesprochenen Bildfelder sind verloren gegangen.

Als das Schiff durch Umbau auf eine größere Höhe gebracht war, bekleidete man die Wände mit einer neuen Ausmalung. Nun kamen zwei Bildstreifen zwischen drei Horizontalfrieze zu liegen⁹⁾. Den oberen Streifen zerlegten die Fenster des neuen Lichtgadens in Felder¹⁰⁾. Im zweiten Bildstreifen übernahmen gemalte Säulen die entsprechende Aufgabe. Weitere Säulen werden wir uns als Stützen des Ganzen in der Sockelzone zu denken haben¹¹⁾. Die Vertikalmaße:

$$\begin{array}{c}
 0,57 \\
 1,43 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} 1,72 \\
 0,29 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} \\
 1,43 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} (1,72) \\
 (0,29) \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} \\
 (2,13)
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} 6,14$$

$$\begin{array}{c}
 1,66 \\
 4,16 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 1,66 \\ 4,16 \\ 0,83 \end{array}} \right\} 5,00 \\
 0,83 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 1,66 \\ 4,16 \\ 0,83 \end{array}} \right\} \\
 4,16 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 1,66 \\ 4,16 \\ 0,83 \end{array}} \right\} (5,00) \\
 (0,83) \left. \vphantom{\begin{array}{c} 1,66 \\ 4,16 \\ 0,83 \end{array}} \right\} \\
 (6,33)
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 1,66 \\ 4,16 \\ 0,83 \end{array}} \right\} 18,00$$

$$\begin{array}{c}
 0,57 \\
 1,43 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} 1,71 \\
 0,29 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} \\
 1,43 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} 1,71 \\
 0,29 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} \\
 2,17
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{c} 0,57 \\ 1,43 \\ 0,29 \end{array}} \right\} 6,16$$

$$\begin{array}{c}
 - \\
 - \left. \vphantom{\begin{array}{c} - \\ - \\ - \end{array}} \right\} +1 \\
 - \left. \vphantom{\begin{array}{c} - \\ - \\ - \end{array}} \right\} +1 \\
 - \\
 -4
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{c} - \\ - \\ - \end{array}} \right\} -2$$

⁸⁾ In der Michaeliskirche zu Burgfelden sind in der Ostmauer, um dem für diese Wand vorgesehenen Jüngsten Gericht eine ungeteilte Fläche anzubieten, die Fenster aus ihrer normalen, die Bildstreifen unterteilenden Höhenlage nach unten gerückt. Überdies hat man in allen Mauern der Kirche in der für die Bildstreifen vorgesehenen Höhe mit Hilfe von sog. Schalltöpfen für den Malputz ein besonderes Befestigungsmittel geschaffen. Im Zusammenwirken von Architekt und Maler müssen auch diese Maßnahmen bereits in der Bauplanung festgelegt worden sein.

⁹⁾ Von diesen Friesen ist der untere abhanden gekommen. In der Wiederherstellung (Abb. 2) hat er dieselbe Höhe wie der Zwischenfries erhalten. Die angenommene Frieshöhe samt den aus ihr abgeleiteten Maßen ist der Kennzeichnung halber in Klammern gesetzt.

¹⁰⁾ Aus den bereits genannten Maßzahlen errechnet sich die Breite der beiden äußeren Bildfelder jeder Wand zu $5\frac{1}{2}'$, die der inneren Bildfelder zu $5'$. Das bekannteste Beispiel, vier in einem Streifen aufeinander folgende Bildfelder paarweise abzulängen, geben die Historienbilder zu Reichenau-Oberzell. Dort haben die äußeren Bildfelder jedoch das geringere Maß (im Mittel $4,10$ m), die inneren das größere Maß (im Mittel $4,52$ m) erhalten. Wenn sich der Maler dort für eine solche Gruppierung aus freien Stücken entschied, war seinem Kollegen in Goldbach eine vergleichbare Gruppierung wohl nicht völlig ungelegen. Ob er dem diese Gruppierung festlegenden Rhythmus der Fensterachsen bereits im Bauentwurf — nicht erst im fertiggestellten Bauwerk — zugestimmt hat?

¹¹⁾ Die geblendeten Pforten lassen sich in der Höhe der Sockelzone unterbringen. Wie die Pforten mit dem Rhythmus einer gemalten Säulenstellung der zweiten Ausmalung harmonisiert haben könnten, ist jedoch offen.

Damit sind die Abmessungen des Bauwerks und die seiner Wandmalereien in Fuß übersetzt.

Ziehen wir das Ergebnis zusammen:

1. Verglichen mit den am Bauplatz aufgegebenen SOLL-Maßen sind die IST-Maße durch Ungenauigkeiten der Bauausführung (DIFF.) verfälscht. Die Größe dieser Ungenauigkeiten ist zunächst nicht zu erkennen. Wir dürfen jedoch gewiß sein, daß sie — innerhalb eines engen Spielraumes — die SOLL-Maße hier verkleinern, dort vergrößern. Daraus die Nutzenanwendung: Wenn wir von einem einzigen IST-Maß ausgehen und aus ihm und der Fußzahl den Quotienten bilden, belastet diesen die volle Ungenauigkeit. Bilden wir dagegen aus einer möglichst großen Vielzahl von IST-Maßen die Summe, ebenso die Summe aus den zugehörigen Fußzahlen, und ermitteln wir nun den Quotienten, so dürfen wir, da die teils positiven, teils negativen Ungenauigkeiten in ihrer Summe auf Null konvergieren, für die *Größe der Maßeinheit* mit einem von Ungenauigkeiten faktisch freien Ergebnis rechnen. Die Summe der hier verfügbaren IST-Maße entspricht dem mehr als Fünffachen der Gesamtlänge der Kapelle. Die Rechnung lautet $117,205 \text{ m} : 343,33' \rightarrow 34,24 \text{ cm}^{12}$).

2. In Meter ausgedrückt haben die Abmessungen der Kapelle den Charakter des Beliebigen und Zufälligen. In Fuß ergeben sich überwiegend ganzzahlige, auch um Viertel vergrößerte *Vielfache der Maßeinheit*. Bruchteile der Maßeinheit, die außerhalb der Viertel liegen, begegnen nur selten.

3. Bei den hier verwerteten 97 Abmessungen haben sich *Ungenauigkeiten der Ausführung* herausgestellt, die zwischen 0 und 18 cm liegen. An einem aus Kieseln

¹²⁾ Dies ist die Antwort auf eine Frage, die ich ein erstes Mal bereits vor 20 Jahren anging (Das Werkmaß der Romanik im Bodenseegebiet, in: Ztschr. f. Württb. Landesgesch., 13, 1954, S. 301). Die damals formulierten Prinzipien halte ich auch heute noch für richtig, auch die Berechnung war fehlerfrei. Dennoch haben sich die damals mitgeteilten Ergebnisse als irrig erwiesen. Ursache dieses Irrtums war eine für solche Untersuchungen bei weitem nicht ausreichende Anzahl von IST-Maßen, daneben die Neigung, auch in Zweifelsfällen runde bzw. ganzzahlige Fußzahlen vorauszusetzen. Daß man unter gleichzeitiger Einwirkung dieser beiden Voraussetzungen mit einiger Wahrscheinlichkeit zu Scheinergebnissen geführt wird, geht auch aus der Mehrzahl der diesem Thema gewidmeten Veröffentlichungen von anderer Seite hervor. Man wird also nicht umhin können, diesen Fragen künftig auf erheblich breiterer Basis und mit der inzwischen entwickelten Methodik, im ganzen also mit einem Aufwand nachzugehen, der beträchtlich größer ist als bisher angemessen schien.

errichteten Bau nimmt dieser Spielraum nicht Wunder¹³. Läßt man aber die wenigen aus der Reihe fallenden Fehlmaße beiseite, so ist man erstaunt zu bemerken, daß die Kapelle aus diesem ungefügten Material mit geradezu verblüffender Genauigkeit errichtet worden ist. Als zur Beurteilung der Baugenauigkeit brauchbarer Kennwert hat sich der Spielraum ± 3 cm herausgestellt. In diesem Bereich liegen die Differenzen für nahezu 85 % der hier erfaßten Abmessungen. Die nebenstehende Kurve (Abb. 5) gibt Auskunft über die Verteilung der Häufigkeit aller Abweichungen (bis 6 cm). Der steile Verlauf der Kurve verdeutlicht diese Seite der handwerklichen Qualität des Baues und seiner Ausmalung.

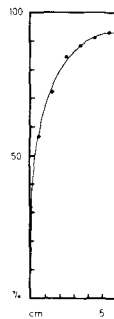


Abb. 5: Goldbach Sylvesterkapelle,
Größe und Häufigkeit der Differenzen zwischen Soll- und Istmaß

4. Von der in den Meterzahlen stets enthaltenen Bauungenauigkeit sind die Fußzahlen befreit. In derart bereinigten Werten lassen sich *Verhältnisse* eindeutig und beweisfähig angeben¹⁴).

¹³) Beträchtlich größere „Ungenauigkeiten“ werden den mittelalterlichen Bauleuten von den Herren Triangulisten notgedrungen unterstellt, wenn sie alles Gute und Schöne in der Architektur auf ihre Weise zu begründen versuchen. (Für den Freiburger Münsterurm wurden elferlei Proportionierungen veröffentlicht. In ihnen reichen die in die „Beweisführung“ unbemerkt eingebauten Nichtübereinstimmungen von IST- und SOLL-Werten bis in die Nähe der 6 m-Marke). Im Vergleich dazu sind die hier festgestellten Ungenauigkeiten verschwindend gering. Dennoch sind sie so groß, daß sie ein Wiederauffinden der Maßeinheit und der zu ihr gehörenden Fußzahlen vereitelt hätten, wenn nicht möglich gewesen wäre, von der Seitenlänge der eingangs genannten Rasterquadrate auszugehen.

¹⁴) Dies festzuhalten ist wichtig, da man sich in der Proportionsrechnung — nicht nur in der Modulrechnung — bisher mit Näherungswerten dort begnügen mußte, wo die beabsichtigten Verhältnisse, in den mit der Bauungenauigkeit belasteten IST-Maßen dargestellt, nur gleichsam verschleiert zu erkennen waren.

Grundriß	Chor	Breite: Länge = $14\frac{1}{2}':14\frac{1}{2}' = 1:1$
	Schiff	$18':30' = 3:5$
Querschnitt	Chor	Breite: Höhe = $14\frac{1}{2}':12' \approx 6:5$
	Schiff I	$18':14' = 9:7^{15})$
	Schiff II	$18':18' = 1:1$

5. Ein *quadratisches Raster* mit der Maschenweite 6' reguliert den Grundriß der Kapelle dadurch, daß als Fluchten Rasterlinien benützt sind, an die sich die Mauern auf der einen oder der anderen Seite anlegen. Dies heißt aber: Die Bauarbeiten wurden am Platz eingeleitet mit der in Abb. 6 dargestellten Abschnürung. Hier in Goldbach hat demnach ein Plan vorgelegen, der genauso beschaffen war wie der berühmte St. Galler Klosterplan. Hier wie dort also ein Schnurplan, der im Entwurf wie an der Baustelle die hauptsächlichlichen Abmessungen für den Grundriß festlegte. War die Abschnürung am Platz erfolgt, hatte der Bauleiter anzugeben, auf welcher Seite der Schnur die Mauern liegen¹⁶⁾ und wie stark sie werden sollten.

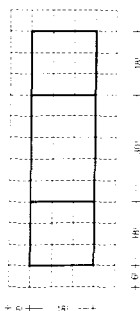


Abb. 6: Goldbach Sylvesterkapelle, Rasterplan

Daß man für die Goldbacher Kapelle im Chor wie im Schiff die Lage der Fenster bereits in der Planung bedachte, hat sich gezeigt. Daß diese Fensterachsen auf zeichnerischem Wege, d. h. mit Hilfe eines zusätzlichen, von den Prinzipien des Schnurplanes abweichenden Risses festgelegt worden seien, ist — zumal kein Grund besteht, auch Schnitte und Ansichtszeichnungen vorauszusetzen — wenig wahrscheinlich. In Ergänzung des Schnurplanes dürfte eine Notierung gewisser Fußzahlen ausgereicht haben.

* * *

Eingangs wurde die Goldbacher Kapelle als „Schlüsselbau“ für Maß und Zahl in der Baukunst des frühen Mittelalters bezeichnet. Die Maßeinheit dieser Kapelle ist mit 34,24 cm ermittelt. Zu welchen anderen Bauten kann uns dieser Schlüssel einen Zugang verschaffen?

¹⁵⁾ In der gewohnten Ausdrucksweise 1:0,77, was so viel oder so wenig sagt wie das Verhältnis der in Meter benannten Abmessungen.

¹⁶⁾ Kronzeuge für dieses Vorgehen ist der Grundriß der in der Mitte des 9. Jh. errichteten Abteikirche beim Seehof nahe Lorsch. Hier hat man die ostwestlich laufenden Fundamente in der südlichen Hälfte der Kirche irrtümlich auf der falschen Seite der Schnur angelegt, wodurch unvermeidlich wurde, die Apsiden regelwidrig anzuschließen.

Dazu eine grundsätzliche Überlegung voraus¹⁷⁾:

In den veröffentlichten Maßberechnungen ist nicht selten wenigstens einer — vielfach sind mehrere — der folgenden Parameter für das Ergebnis mitverantwortlich zu machen:

1. Aus der als bekannt vorauszusetzenden Größe der *Maßeinheit* — römisch, drusianisch-, „karolingisch“, „karolingisch“ oder langobardisch — wird die Maßzahl errechnet. Aber das für diese Einheiten genannte Äquivalent ist keine eindeutig definierte, konstante Größe, die man unbesehen in die Rechnung einführen kann. Der Spielraum für den römischen Fuß reicht in der metrologischen Literatur von 29,42 (Raper 1760, v. Gerkan 1940) bis 29,69 cm (Nissen 1886), was, zumindest für größere Strecken, eine nicht geringe Unsicherheit bedeutet. Der drusianische Fuß, den der Feldmesser Hyginus bei einer an der unteren Maas ansässigen Völkerschaft — wohl seit einer unter Drusus durchgeführten Landvermessung — in Gebrauch fand und mit $1\frac{1}{8}$ römischen Fuß gleichsetzte, ist folglich zwischen 33,09 und 33,40 cm ungewiß. Dieser Spielraum vergrößert sich, sobald man den genannten Faktor — die antike Metrologie liefert dafür mehr als einen Beleg — nur als Näherungswert ansieht. Mit einer wirklichkeitsfremden Rechnerei hat B. Hanftmann (1930) diesen Fuß auf 33,29 cm festlegen wollen. Woran will man sich halten¹⁸⁾?

¹⁷⁾ Dazu mit Belegen ausführlich Hecht 1969—1971 (III, S. 74).

¹⁸⁾ Die Größe des drusianischen Fußes aus Baumaßen abzuleiten, hat bisher — wenn wir von Aachen vorerst absehen — nur W. Rave (1958, S. 51) versucht. Für die „Krypta“ des Westwerks zu Corvey ermittelte er die Pfeilerbreite (als Mittel aus 34 Messungen) zu 0,833 m, die Pfeilerentfernung (aus 18 Messungen) zu 2,36 m und die Weite der drei Schiffe (aus 12 Messungen) zu 9,375 m. Er schloß aus diesen Werten auf eine 0,330 bis 0,335 m große Maßeinheit. Deren Größe läßt sich nach dem hier angewandten Verfahren genauer bestimmen:

$$\begin{array}{rcl}
 34 \times 0,833 \text{ m} & = & 28,322 \\
 18 \times 2,36 \text{ m} & & 42,48 \\
 12 \times 9,375 & & 112,50 \\
 \hline
 & & 183,302
 \end{array}
 \quad : \quad
 \begin{array}{rcl}
 34 \times 2,50' & = & 85,00' \\
 18 \times 7,00 & & 126,00 \\
 12 \times 28,00 & & 336,00 \\
 \hline
 & & 547,00 \rightarrow 33,51 \text{ cm}
 \end{array}$$

In dieser Maßeinheit lauten die den genannten Baumaßen entsprechenden SOLL-Werte: $2\frac{1}{2}' = 0,837 \text{ m}$, $7' = 2,346 \text{ m}$ und $28' = 9,383 \text{ m}$. — Die Nutzenanwendung auf weitere Abmessungen des Westwerks:

Die Säulen derselben „Krypta“:

vertikal:	Kämpferaufsatz	0,49	1,50	0,50	—1
	Kapitell	0,55	1,66	0,56	—1
	Schaft	2,135	6,33	2,12	+1
	Basis	0,33	1,00	0,34	—1
horizontal:	Schaft u. Durchmesser	0,58	1,75	0,59	—1
	Plinthe	0,82	2,50	0,84	—2

Die Schrifttafel der Westfront

Breite	1,68	5,00	1,68	—
Höhe	0,84	2,50	0,84	—
Schrift hoch	0,11	0,33	0,11	—

Immerhin — wenigstens innerhalb des genannten Spielraums sind diese Einheiten vertrauenswürdig. Anders der „karolingische“ Fuß, dem F. Kutsch (1928) an der seinerzeit für karolingisch geltenden Klosterkirche zu Mittelheim intuitiv und überschlägig „34 cm“ zugeteilt hat¹⁹⁾. (V. Arens [1938] und A. Reinle [1963/64] sahen in diesem „karolingischen“ Fuß nur einen ungenau bestimmten bzw. angewachsenen drusianisch-„karolingischen“ Fuß.) Nicht viel besser steht es mit dem langobardischen Fuß, dem F. Behn (1934) 43,6 cm, F. Juraschek (1949) 42,5 cm geben wollte. Zwar bezeichnet das Gesetz des Königs Liutprand (713—744) das den langobardischen Bauhandwerkern geläufige Maß als Fuß²⁰⁾ und als Feldmaß wurde der pes Liutprandi, worauf Juraschek hinwies, in der Mitte des 11. Jahrhunderts vom Verfasser des *Chronicon Novaliciense* angeführt, genauso fast drei Jahrhunderte danach von dem florentiner Geschichtsschreiber Villani. Auch mag naheliegen, diesen Fuß in einer Maßeinheit wiederzuerkennen, die in oberitalienischen Städten unter den Bezeichnungen piede liprando, piede, auch braccio, bis ins 19. Jahrhundert in Gebrauch war. Für diese Maßeinheit bieten die gängigen Nachschlagewerke jedoch an 26 Plätzen nahezu ebensoviele zwischen den Grenzwerten 40,38 cm und 51,38 cm spielende Varianten. Welcher Wert soll nun für das frühe Mittelalter als der richtige gelten? Den von Behn genannten Wert hat Juraschek mit gewichtigen Gründen abgelehnt. Davon unberührt haben Spieß und Kottmann den langobardischen Fuß Behns erneut wie eine gesicherte Größe benützt.

2. *Fußzahlen*, deren Zahlenwert als gegeben vorausgesetzt wird, sind nicht selten der Ausgangspunkt einer Maßberechnung. Die in den Schriftquellen des frühen Mittelalters genannten Maßzahlen²¹⁾ mögen die Erwartung griffiger, von 5 zu 5 ge-

¹⁹⁾ Kutsch veröffentlichte einen Grundriß mit beigeschriebenen Maßzahlen. Für die Ermittlung der Maßeinheit bieten sich hier zunächst die Langhausarkaden an. Das Achsmaß der Arkaden (als Mittel aus 8 Werten) mißt 3,453 m, die Spannweite der Bögen (aus 12 Werten) 2,328 m, die Pfeiler demnach 1,125 m. Dies angeschrieben:

1,125	}	3,25	}	1,12	}	—
2,325	}	6,75	}	2,33	}	—

Nimmt man die Weite und die Tiefe des Chorjochs, auch die Weite der Vierungsbögen hinzu — mehr ist dem ansonsten verzogenen Grundriß nicht zu entnehmen — so erhält die Maßeinheit den Wert 34,62 cm.

²⁰⁾ Memoratorium de mercedibus Commacinarum (Schlosser 1896, S. 49).

²¹⁾ Auf E. Knögel (Schriftquellen zur Kunstgeschichte der Merowingerzeit, in: Bonner Jahrbücher 1936) gestützt, hat V. Arens (1938, S. 39) zahlreiche Quellenbelege mitgeteilt. Die Reihe läßt sich erweitern: *Tours* Habuit enim paries ille crassitudinem pedes triginta (Gregor v. Tours, Hist. Franc. I, 30; MG SS Rer. merov. I, 48). — *Monte Cassino* Die aus der Zeit Benedikts stammende Martinsbasilika mißt 43 × 28 × 24 Ellen (Schlosser 1889, S. 74). — *Dijon* Ein in der Ebene errichtetes Castrum wird beschrieben: Quatuor portae a quatuor plagis mundi sunt positae; totumque aedificium triginta tres turres exornant. Murus vero illius de quadris lapidibus usque in viginti pedes, desuper a minuto lapide aedificatus habetur; habens in altum pedes triginta, in latum pedes quindecim ... Quae cur non civitas dicta sit, ignoro ... Nam veteres

staffelter Maßzahlen geweckt und bestärkt haben. Daß die Chronisten mit solchen Angaben eine Charakteristik damaliger Architektur umschrieben hätten, ist jedoch mehr als zweifelhaft; schließlich sind Journalisten heute aus naheliegenden Gründen nicht weniger geneigt, ihren Lesern die Abmessungen eines Bauwerks in runden Maßzahlen mitzuteilen. Die Neigung mancher „Maßforscher“, runde, in großen Schritten gestaffelte Fußzahlen einzuführen, dürfte daneben von der Erwartung begünstigt sein, derart sei das „Geheimnis“ großer Architektur auch schlichten Gemütern verständlich zu machen. Eine solche Erwartung darf nicht verwundern, denn auch im ernst zu nehmenden Schrifttum will die Entdeckung von allerlei „Regeln“ und „Gesetzen“, von „Entwurfsverfahren“, „Maßsystemen“ und symbolträchtigen „Sinndeutungen“ kein Ende nehmen.

3. Jedes Bauwerk bietet *Abmessungen* in Fülle. Steht unter ihnen die Wahl frei und ist überdies gestattet, für die Mehrzahl dieser Strecken die Endpunkte nach Gutdünken anzusetzen — im Grundriß zwischen den inneren Fluchten, den Achsen oder den äußeren Fluchten der Mauern, im Aufriß ausgehend vom (veränderten?) Fußboden oder von der Oberkante des Sockels (womit dieses Fußglied, auf dem der ganze Bau steht, zum Nichtbestandteil des Bauwerks erklärt wird), bis Unterkante, Mitte oder Oberkante eines jeden Gesimses usw. — so wird dem Gesetz der Wahr-

ferunt ab Aureliano Imperatore hoc fuisse aedificatum (Gregor v. Tours, Hist Franc. 3, 19; MG SS Rer. merov. I, 129). — *Gesetz des Königs Liutprand* (713–744) über die Bauleute (Memoratorium de mercedibus Commacinorum) Bauleistungen werden nach Fuß (pes) abgerechnet. (Schlosser 1896, S. 49). — *Aniane* Im Jahre 781 beginnt Abt Benedikt ein neues Kloster zu bauen. Monachorum habitacula tantae amplitudinis erant, ut mille amplius homines capere possent; habebantque centum cubitos in longitudinem et viginti in latitudinem. (Mab. Ann. II, 261). — *Aucta est autem turba monachorum deo famulantium, ita ut plus quam trecenti fierent, ob quorum eximiam congregartionem talem mansionem construere iussit, quae mille et eo amplius homines capere videtur, centum recipiens cubitos in longitudinem et viginti in latitudinem.* (Vita S. Benedicti Anianensis, c. 34; Albers Cons. III, 152). — *Monte Cassino* Der 796 gewählte Abt Gisulfus ... amplam extruxit basilicam ... quae in longitudine cubitos octoginta duos, in latitudine quadraginta tres, in altitudine viginti octo habebat ... In aditu basilicae atrium quadraginta cubitis in longum constabat (Mab. Ann. II, 319). — *St. Gallen* Bei Ausbesserungsarbeiten stürzte ein Mann vom Dach der Kirche, die Abt Ormar nach 720 errichtet hatte. Altitudo tecti ... non minus quadraginta pedum mensura a terra esset suspensa (Vita S. Otuari des Walahfrid Strabo, cap. 12). — *Jerusalem* Cuius longitudinem (des hl. Grabes in der Anastasis) Arculfus in septem pedum mensura propria mensus est manu (Adamnani abbatis Hiiensis libri III de locis sanctis ex Arculphi relatione episcopi Galli (Schlosser 1896, S. 50). — *Bordeaux* Nach dem Tod des Aemilianus (767) entsteht an Stelle von dessen Einsiedelei eine Kirche S. Aemiliani basilica in rupe excisa, in longum haber pedes 120, latitudinis 60, tantum demque altitudinis, cum turri lapidea mira molis (Mab. Ann. II, 213). — *Einhard* ließ sich die Maße eines Reliquienschreiners geben: praecepi uni ex aedituis, ut mensuram loculi virga collectam mihi adferret (so Einhard mit eigenen Worten in Translatio et miracula sanctorum Marcellini et Petri I, 10. — MG SS XV, 243).

scheinlichkeit entsprechend gewiß gelingen, dieses oder jenes IST-Maß in eine Fußzahl umzurechnen. Bewiesen ist damit nichts, wenn es nicht gelingt, weitere — oder, wie zu fordern ist — sämtliche zur Herstellung des Bauwerks erforderliche IST-Maße in die auf Anhieb für allzu wenige Abmessungen mit Glück eingeführte Maßeinheit umzusetzen. Einem Leser, der nicht durch eigene (oder fremde) Fehlschläge klüger wurde, bleibt dieser Umstand zumeist verborgen.

4. Ein SOLL-Maß, das Vielfache einer Maßeinheit also, mit dem entsprechenden IST-Maß differenzlos zur Deckung zu bringen, gelingt nur selten. Man ist daher übereingekommen, unter der Bezeichnung „Bauungenauigkeit“ eine *Toleranz* von $\pm 3\%$ zuzulassen. Daß man mit dieser Vereinbarung in den Weg der Beweisführung eine Fallgrube eingebaut hat, ist selbst den Gestürzten zumeist unbemerkt geblieben. Eröffnet doch diese Vereinbarung bereits für die Breite eines Mittelschiffs einen halbmetergroßen Spielraum — einen Spielraum also, der unter der überzogenen, aber gleichwohl vertraut klingenden Bezeichnung „Toleranz“ den erdenklichsten Unfug unverdächtig erscheinen läßt. Zudem befestigt diese Übereinkunft, weil sie sich der Sprache der modernen Technik bedient, das alte Gerücht, der Architekt des Mittelalters sei zu genauem Messen sozusagen unfähig gewesen. Mehr noch: diese Absprache erzeugt in der Maßberechnung eine Grauzone, ja, sie läßt den Gedanken, an die Stelle solcher Ungewißheiten sei besser eine vernünftige Methode zu setzen, nicht einmal aufkommen.

Nicht allzuoft hat sich ein Autor einer dieser Fehlerquellen ausschließlich verschrieben. Es bieten sich ja viele Möglichkeiten, diese vier Fehlerquellen zu unterschiedlichen Anteilen zu kombinieren. So konnten im Ergebnis für denselben Bau von verschiedenen Autoren mehrere Maßeinheiten mit subjektiver Gewißheit vorgewiesen werden. Eine intelligente Nutzung dieser Fehlerquellen hat mehr als einmal sogar dazu geführt, für dieselbe Baustelle den gleichzeitigen Gebrauch mehrerer verschieden großer Maßeinheiten festzustellen.

Daraus die Nutzenanwendung:

1. Von der Größenordnung einer gesicherten *Maßeinheit* ist auszugehen. Bleibt der Erfolg aus, so resultiert daraus kein Argument zu Gunsten einer geometrischen Proportionierung (die stets zum Ziel führt). Vielmehr ist in diesem Fall die Maßeinheit methodisch aus den Baumaßen zu entwickeln. — Maßgebend für die jeweilige Definition einer Maßeinheit ist aus guten Gründen nicht ein von Irgendjemand genannter Wert, sondern der zwischen den Abmessungen des Bauwerks und der Größe der Maßeinheit ad hoc bestehende rechnerische Zusammenhang.

2. In die Rechnung *Fußzahlen* versuchsweise einzuführen, ist unvermeidlich. Aber nicht von angeblich prädestinierten Maßzahlen ist auszugehen. Das zutreffende Vielfache der Maßeinheit hat vielmehr aus dem zwischen Istmaß, Fußzahl, Sollmaß und Differenz bestehenden Wechselspiel hervorzugehen.

3. Auch das „Wissen“, von welchen *Abmessungen* der Architekt im Entwurf und auf der Baustelle ausging, darf der Rechnung nicht vorausgehen. Selbstverständlich wünschen wir zu erfahren, wie der Architekt vorgeing. Dieses Wissen ist jedoch nicht

die Prämisse unseres Bemühens, vielmehr kann diese Kenntnis erst aus dem Ergebnis der Rechnung hervorgehen.

4. Für die zwischen den SOLL-Maßen und den IST-Maßen unvermeidlich auftretenden *Differenzen*, für die Größe (und das Vorzeichen) einer jeden Bauungenauigkeit also, gilt dasselbe. Wer von einer kalkulierten Nichtübereinstimmung von These (Maßeinheit und Fußzahl) und Sachverhalt (IST-Maß) ausgeht, wird höchstens zufällig auf das zutreffende Ergebnis stoßen.

Sehen wir also zu, was mit unserem „Schlüssel“ auszurichten ist. Wir beginnen mit einem schlichten Bau, der wenig Schwierigkeiten bietet.

Die Remigiuskirche in Großendorf

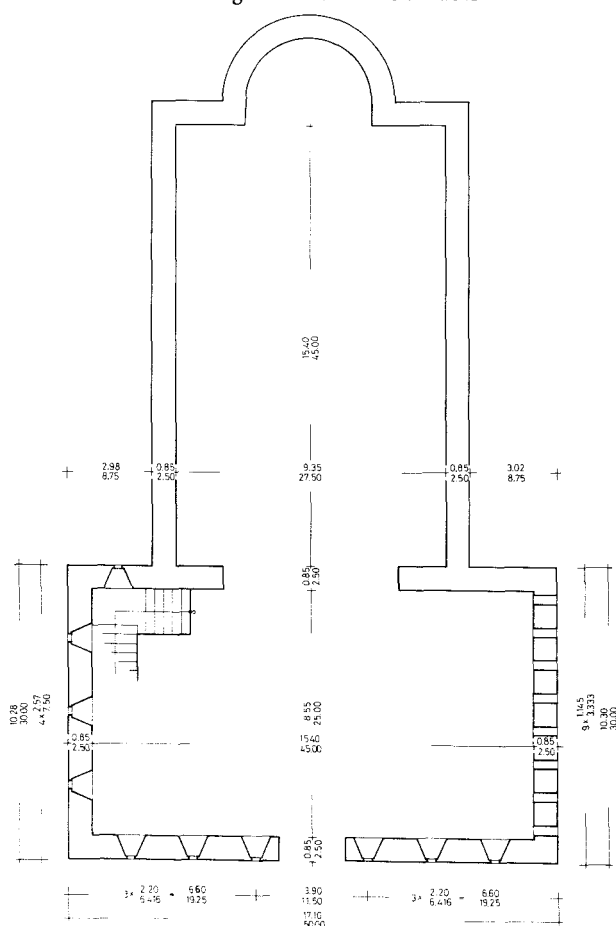


Abb. 7: Großendorf Remigiuskirche, Grundriß 1:250

Auf der Westseite des oberhessischen Städtchens Büdingen steht diese Kirche, einst Mutterkirche der Gegend, noch vom Friedhof umgeben. Ihrem einst apsidial schließenden Saalschiff vorgelegt ist ein zweigeschossiger Westquerbau (Abb. 7).

Alle von H. Walbe 1940/41 genannten Baumaße lassen sich mit unserer Maßeinheit in runden Maßzahlen angeben²²). Im Grundriß: das Saalschiff innen $27\frac{1}{2}' \times 45'$, der Westbau innen $25 \times 45'$, außen $30' \times 50'$, die Mauerstärke gleichbleibend $2\frac{1}{2}'$, die Fensterachsen $11\frac{1}{2}'$, $7\frac{1}{2}'$, $3\frac{1}{2}'$ usw. Im Aufriß: die Höhe des Saalschiffs, 8,60 m ($25' = 8,55$ m), die des Westbaues 9,04 m ($26\frac{1}{2}' = 9,06$ m).

Die Summe der verfügbaren Baumaße (125,32 m) durch die Summe der Fußzahlen dividiert, ergibt 34,19 cm für die Maßeinheit.

Die Genauigkeit der Bauausführung festzustellen, sind die 46 Baumaße ausreichend. Für 38 von ihnen (82 %) liegen die Abweichungen innerhalb ± 3 cm. Über die Charakteristik dieser Seite des handwerklichen Könnens (von der anderen Seite gesehen: über die Größe der zwischen These und gebauter Wirklichkeit bestehenden Differenz) gibt die Kurve näheren Aufschluß (Abb. 8).

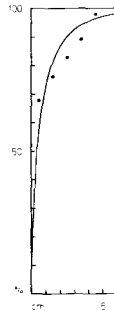


Abb. 8: Großendorf Remigiuskirche,
Größe und Häufigkeit der Differenzen zwischen Soll- und Istmaß

Die Torhalle im Atrium der Klosterkirche zu Lorsch

Dieses Prachtstück karolingischer Profanbaukunst ist im Gegensatz zur Großendorfer Kirche wiederholt Gegenstand maßbestimmender Bemühungen geworden.

Adamy 1891: Die in dieser Monographie genannten Baumaße boten sowohl den algebraischen wie den geometrischen Erklärungsversuchen der Halle nahezu 50 Jahre lang die Grundlage. Adamys Versuch, die Abmessungen des Baukörpers im römischen Fuß ($29,64$ cm) als $36\frac{1}{2}' \times 24' \times 24'$ darzustellen ergab allerdings „völlig un-

²²) Im folgenden dürfte sich im Regelfall erübrigen, den zwischen Maß, Fußzahl, Sollmaß und Differenz bestehenden Zusammenhang durch Abdruck des Rechenschemas zu verdeutlichen. Wer die hier mitgeteilten Ergebnisse zu überprüfen wünscht, wird leicht in der Lage sein, dieses Rechenschema an Hand der in den Abbildungen und im Text genannten Werte selbst aufzustellen.

brauchbare Zahlen und selbst bei energischer Abrundung immer noch untragbare Restbeträge“ (so Behn 1934).

Fuchs 1929: Der $6,16 \times 9,81$ m große Raum habe „Maße, die dem Verhältnis des Goldenen Schnittes fast genau entsprechen“. (Dieses Verhältnis herzustellen wäre erforderlich, entweder der Breite 10 cm abzuziehen oder der Länge 16 cm zuzugeben.)

Behn 1934: Weder der römische noch der „karolingische“ (34 cm) Fuß führe zu einem befriedigenden Resultat. Hätten jedoch langobardische Bauleute die Torhalle errichtet, so sei deren Fuß hier anzuwenden. Wie A. Unkelhäuser erkannt habe, messe die 10,90 m lange Front der Halle 25', der Fuß also $10,90:25 \rightarrow 43,60$ cm. In dieser Maßeinheit seien Tiefe und Traufhöhe des Baukörpers $16\frac{1}{2}'$ (das Verhältnis dieser Maßzahlen entspricht nahezu 3:2:2). In dieselbe Maßeinheit hat Behn sechs weitere Baumaße umgesetzt. (Gibt man der Höhe der Säulenschäfte $7\frac{1}{2}'$ und der Scheitelhöhe der Bögen $5\frac{7}{12}'$ — im einen Fall nannte Behn irrtümlich $7\frac{1}{8}'$, im anderen stand er unschlüssig zwischen $5\frac{1}{2}'$ und $5\frac{2}{3}'$ — so sind die Differenzen zwischen IST-Maß und SOLL-Maß nicht größer als $\pm 6/-2$ cm).

Arens 1938: Da „das jeweilige Bauwerk in allen seinen Teilen durch ein dezimales Maßsystem²³⁾ bestimmt ist“, sei der — überdies noch zu wenig erforschte — langobardische Fuß hier abzulehnen, denn er liefere „kein dezimales Ergebnis, das man doch auch hier erwarten sollte“. Der römische Fuß ergebe dagegen ein befriedigendes Resultat. Der Baukörper messe $37\frac{1}{2}' \times 25' \times 25'$. — Im Grundriß sei der Abstand der Mauerachsen $22\frac{1}{2}'$ bzw. 35'. „Damit wären allerdings die angestellten Berechnungen für die Achsenmaße als nicht ganz gültig anzusehen. Es ergäbe sich somit ein stark reduzierter römischer Fuß (ca. 29 cm).“ (Die für den römischen Fuß hier errechneten Äquivalente spielen zwischen 28,80 und 29,73 cm. Überdies: Die genannten Fußzahlen überlassen dem 0,545 m starken Mauerwerk $2\frac{1}{2}'$; folglich $0,545:2,50 \rightarrow 21,80$ cm.) — Im Aufriß liege die Oberkante des Gurtgesimses 4,23 m über dem Fußboden, „was wieder nahe an 4,43 m = 15' herankommt“. (Die Abweichung ist 20 cm, aber 15' entspricht der dekadisch gestaffelten Erwartung. Der römische Fuß mißt nun 28,20 cm). Vom Gurt bis zur Oberkante des Traufgesimses sind es 2,98 m, entsprechend 10'. (Nun ist der Fuß 29,80 cm groß.) „Jedenfalls stehen Untergeschoß mit 423 und Obergeschoß mit 296 fast im Verhältnis 3:2 (423:292).“ (Die genannten Maßzahlen 2,96 und 2,92 m differieren um 4 cm; die Differenz beträgt tatsächlich 14 cm, denn $3:2 = 4,23:2,82$ m). „Ähnlich treffen wir es im Obergeschoß an. Die dortigen 175 cm hohen Pilaster ($177 = 6'$ zu 29,57 cm) geben mit ihrer Kapitelloberkante wiederum eine Teilungslinie des Oberbaues, ihre Höhe verhält sich zu dem darüberliegenden Teil der Wand bis zum Dachansatz = 121 wie 3:2 (175:117) genau.“ (Die zweite Strecke mißt am Bau 1,21 m, also ist das Verhältnis nur näherungsweise 3:2.)

v. Juraschek 1954: Die „Grundnorm“ der Fronten bestehe aus einem Mittelquadrat — es messe $13\frac{1}{2}'$, den Fuß zu 29,4 cm gerechnet — „von der Breite Mittel-

²³⁾ Gemeint ist eine dekadische Staffelung der Fußzahlen.

tor plus beide Innenpfeiler und von der Säulenhöhe ... Durch das Diagonalenverhältnis wird die Breite der Seitenfelder festgelegt, so daß im Obergeschoß drei Kleinquadrate von 11 Fuß Seitenlänge entstehen“. — (Das eingangs genannte Quadrat deckt sich in seinen Abmessungen mit den genannten Bauteilen vollkommen. Die Breite der Seitenfelder errechnet sich im Diagonalenverhältnis $\sqrt{2}$ 2:1 zu 9,5459', die drei Kleinquadrate geben ihr jedoch $9\frac{3}{4}'$. Mit 11' (= 3,234 m) reichen diese Kleinquadrate von der Unterkante des Gesimses genau bis zur Oberkante der Traufe. Die seitliche Begrenzung dieser Figuration liegt 6 cm außerhalb der Achsen der äußeren Halbsäulen bzw. Pilaster).

Arens 1964²⁴⁾: Behn habe mit dem langobardischen Fuß (43,6 cm) gerechnet, „der aber nicht in dezimalen Zahlen vorkommt, die doch auch hier zu erwarten“ seien. Der normalgroße römische Fuß (29,57 cm) sei „auf die Torhalle auch nicht anwendbar. Er bringt keine dezimalen Maßzahlen“. Die Abmessungen von Länge, Tiefe und Höhe des Baukörpers verhielten sich wie 3:2:2. Von dieser Proportion ausgehend gelange man „zu einem reduzierten römischen Fuß von 29,1 cm, auf den alle Abmessungen der Torhalle ohne nennenswerte Differenz aufgehen“. Für 13 weitere Baumaße — in den Fronten allesamt vertikal gemessen — werden Fußzahlen genannt. (Die diesen Fußzahlen entsprechenden Sollwerte differieren von den Baumaßen im Mittel um +7/—9 cm, im Einzelfall bis +16/—14 cm). — Außer den genannten Proportionen des Baukörpers werden im Aufbau der Front die Verhältnisse 2:3 — dieses zweimal — und 1:3 festgestellt. (Um diese Verhältnisse rein darzustellen, wäre das jeweils größere Baumaß um +23, +6 bzw. —9 cm zu bereinigen). — Mit drei Maßschritten gleicher Größe reiche man vom Niveau zum Pfeilerkämpfer, von da bis unter den Gurt und von dort bis zur Oberkante der Pilaster. (Die zugehörigen Baumaße lauten 2,02—1,95—2,00 m.) — Von den horizontalen Maßen der Frontgliederung ist in diesem Fuß keines angegeben. Wie soll man die Front in diesem Fuß bauen können?

Spieß 1964²⁵⁾: Im Grundriß wie im Aufriß der Torhalle seien Fluchten und Punkte mit Hilfe geometrischer Figuren dargestellt worden. „Da diese Messungen als erster Akt des Baubeginns, zumal bei Sakralbauten, in feierlichem Ritus begangen wurden, kann die Grundstrecke der Messung nicht eine beliebige, beziehungslose Größe gehabt haben, sondern sie muß nach dem Werkmaß in einem glaubhaften Vielfachen dieses Werkmaßes gemessen worden sein.“ Als Grundmaß habe die lichte Länge der Torhalle (9,81 m) zu gelten. Die hier benützte Maßeinheit sei der langobardische Fuß (43,6 cm), denn in ihm lasse sich das Grundmaß genau wiedergeben ($9,81:0,436 = 22,50'$). Allerdings sei dieser langobardische Fuß in Wirklichkeit ein Cubitus (Elle); der zugehörige Fuß sei davon $\frac{2}{3}$, also 29,06 cm. Aber auch mit ihm habe man das Grundmaß nicht gemessen, sondern mit dessen Dodrans ($\frac{3}{4}$ -Fuß), entsprechend 21,8 cm. (Aus dem mit genanntem Äquivalent nirgends ausgewiesenen

²⁴⁾ Für die Erlaubnis, die Druckfahnen einsehen zu dürfen, möchte ich auch an dieser Stelle verbindlichst danken.

²⁵⁾ Auch hier danke ich für die mir gewährte Möglichkeit, die Druckfahnen einzusehen.

langobardischen Fuß nochmals einen (12zölligen) Fuß und aus diesem einen Dodrans zu bilden, ist ein luftiges Rechenspiel, das auf ein Ergebnis abzielt: $9,81:0,218 = 45$ Dodrans. In der Übereinstimmung zwischen der inneren Länge der Torhalle und der Achsendistanz der äußeren Halbsäulen macht diese Maßzahl möglich, die Wandgliederung der Front im Erdgeschoß in drei ($3 \times 15 D = 45 D$) und im Obergeschoß in neun ($3 \times 3 \times 5 D = 45 D$) gleichgroße Abschnitte zu unterteilen). — Die Vertikalmaße seien mit einem (nicht in Höhe des Niveaus, sondern) oberhalb der Basen errichteten Netz gleichseitiger Dreiecke definiert, das u. a. die Kämpfer- und Scheitelhöhe der Arkaden, dazu die Unterkante des Gurtes und die Höhe der Pilaster bezeichne. (In der Proportionsfigur verhalten sich diese Maßschritte definitionsgemäß wie $2:1:1:2$. Die fraglichen Baumaße lauten $2 \times 0,90:1,00:0,95:2 \times 100$ m.)²⁶⁾ — Verdienstvoll ist die Nennung zahlreicher Baumaße, unter ihnen Vertikalmaße, die bis zu achtfach an analogen Stellen des Bauwerks gemessen sind.

Freckmann 1965: Im Grundriß des Erdgeschosses sei zu „erkennen, daß der Raum bewußt nach dem Goldenen Schnitt gestaltet wurde“.

Kottmann 1971: Im langobardischen Reich sei neben dem „Pes Liutprandi“ (28,5 . . . 29 cm) ein $1\frac{1}{2}$ fach größerer Cubitus (43 . . . 43,6 cm) als Gebrauchsmaß bekannt gewesen²⁷⁾. Die Frontlänge der Torhalle sei gleich 25 Cubiti, also $10,89:25 \rightarrow 43,6$ cm. In der einen oder in der anderen dieser beiden Einheiten wird ein reichliches halbes Dutzend Horizontalmaße benannt. (Die Abweichung von den Baumaßen reicht bis $+6/-7$ cm.) — Für den Aufriß sind genannt: Oberkante Gesimsband „gemessen 4,02 m“, Oberkante Traufgesims „gemessen 7,05 m“, dazu die Höhe des Traufgesimses „gemessen 0,41 m“. (In der Zeichnung sind allerdings 4,22 m, 7,20 m und 0,30 m dargestellt, Werte also, die man bei Adamy nachlesen kann.) — Bei Adamy ist auch zu erfahren, daß aus den Anfängern der Ortgesimse für die Höhe des Satteldachs 2,74 m zu erschließen seien. In Kottmanns Zeichnung ist das Dach um 38 cm niedriger dargestellt, denn so will es ein — wieder einmal oberhalb der Basen — über die Front gespanntes Dreieck.

²⁶⁾ Einem gotischen Bauwerk gewidmete Triangulationen sind im Dutzend Punkt für Punkt nachgeprüft (Hecht 1969, I), genauso mehr als ein weiteres Dutzend Proportionierungen eines Bauwerks der italienischen Renaissance (Hecht 1976). Die Ergebnisse solcher Nachprüfungen waren stets negativ. Überdies bleibt festzuhalten: Eine jede Überprüfung kostet mehr Mühe und Zeit als die Herstellung der kompliziertesten Proportionsfigur; sie muß sich zudem auf bezifferte Baumaße stützen, die nicht für jedes Bauwerk zur Verfügung stehen. Hier und im folgenden wird daher auf solche Kontrollrechnungen verzichtet, zumal bereits feststeht, daß sich Bauzeichnungen und Proportionsfiguren auf keine Weise mit beweisfähiger Genauigkeit zur Deckung bringen lassen.

²⁷⁾ In Turin, am — soweit ich sehe — einzigen Ort, wo die Bezeichnung „piede liprando“ lebendig blieb, gab man diesem piede — also Fuß, nicht Elle, womit sich die Zwölftteilung dieser Einheit nahelegt — im ausgehenden 18. Jahrhundert und in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts stets 51,36 cm.

Blicken wir zurück:

In einem abgeminderten römischen Fuß, genauso in einem anderswo in dieser Größe nicht belegten langobardischen Fuß, lassen sich einige Abmessungen der Torhalle angeben. Die zwischen Thesenmaß und Baumaß bestehenden Differenzen sind bei solchen Angaben nicht selten gering, was die eine These plausibel macht — jede andere nicht weniger. Was mehr ins Gewicht fällt: Im Entwurf wird ein Bauwerk von einer Unzahl ineinandergreifender Maße regiert. Nur in Kenntnis dieser projizierten Abmessungen läßt sich der Entwurf an der Baustelle verwirklichen.

Wie die Erfahrung wieder einmal lehrt, gelingt es unschwer, unter den Abmessungen eines Bauwerks eine handvoll ausfindig zu machen, die man — erträgliche Differenzen einkalkuliert — als Vielfache irgendeiner Konstanten darstellen kann. Doch ist, was sich in einem solchen Ausschnitt darbietet, statt der gebauten Wirklichkeit nicht selten eine Fata Morgana. Man tut also nicht gut daran, den — anscheinenden — Erfolg auf einige ausgewählte Nachweise zu beschränken. Vielmehr hat sich die gesuchte Konstante allerwärts zu bewähren. Will man — oder muß man, äußerer Umstände wegen — eine Auswahl treffen, so wird man an gewissen Abmessungen nicht vorbeigehen dürfen. Es sind dies bei jedem Bauwerk die Mauerstärken, überdies alle Maße, auf denen die Verwirklichung der Entwurfsidee beruht, hier also die Pfeilerbreiten und Bogenweiten, genauso das Achsmaß der Halbsäulen im Erdgeschoß und dessen Drittel, das Achsmaß der Pilaster im Obergeschoß.

Die Unterlage der nachfolgenden Berechnung sind Baumaße, die Adamy 1891 und Behn 1934 genannt haben. Den Vorzug genossen allerdings Meßwerte, die Spieß 1964 bekanntzugeben dachte. Etliche selbst genommene Werte kamen hinzu.

Den Horizontalmaßen der Torhalle, wie in Abb. 9 geschehen, die Fußzahlen zur Seite zu stellen, ist nicht problematisch. So mag entbehrlich sein, diesen Teil des Rechenschemas hierher zu setzen.

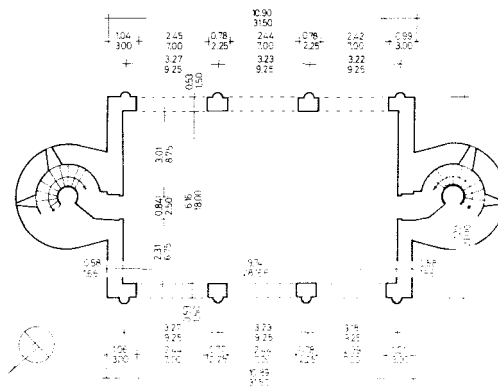


Abb. 9: Lorsch Torhalle, Grundriß 1:250

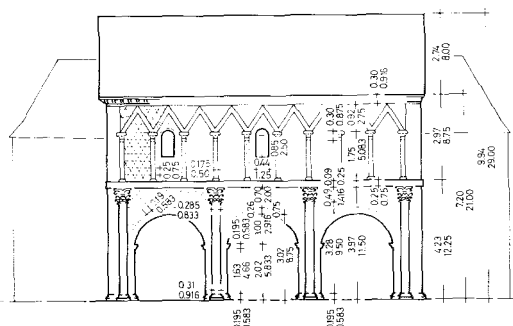


Abb. 10: Lorsch Torhalle, Aufriß 1:250

Die in Abb. 10 nach Metern und Fuß genannten Vertikalmaße hängen untereinander so zusammen:

2,74		8,00		2,76		-2					
0,30	}	0,916	}	0,32	}	-2	}				
0,92		2,97		2,75		8,75		0,95	3,02	-3	-5
1,75	}	5,083	}	1,75	}	-	}				
0,25		7,20		0,75		21,00		0,26	7,24	-1	-4
0,70	}	2,00	}	0,69	}	+1	}				
0,26		4,23		0,75		12,25		0,26	4,22	-	+1
1,00	}	2,916	}	1,00	}	-	}				
0,195		3,02		0,583		8,75		0,20	3,02	-	-
1,63	}	4,66	}	1,61	}	+2	}				
0,195		2,02		0,583		5,833		0,20	2,01	-	+1
0,49	}	1,416	}	0,49	}	-	}				
3,28		3,97		9,50		11,50		3,28	3,97	-	-
0,195		0,583		0,20		0,20		-	-	-	-
0,285	>	0,833	>	0,28	>	-	>				
0,31		0,025		0,916		0,083		0,32	0,03	-1	-

Die Summe der in dieser Berechnung verwerteten Maßzahlen entspricht nahezu dem Fünffachen der Länge der Torhalle. Der aus der Summe der Istmaße und der Summe der zugehörigen Fußzahlen gebildete Quotient, die Größe der Maßeinheit also, lautet 34,48 cm.

Immerhin 75% der Baumaße sind innerhalb eines ± 3 cm großen Spielraums verwirklicht. Über Größe und Häufigkeit der Abweichungen gibt Abb. 11 Auskunft.

Die genannten Maßzahlen lassen nur drei in ganzen Zahlen ausgedrückte Verhältnisse erkennen: Wie 3:2 stehen im Grundriß die Länge und die Tiefe des Bau-

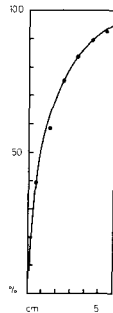


Abb. 11: Lorsch Torhalle,
Größe und Häufigkeit der Differenzen zwischen Soll- und Istmaß

körpers zueinander, genauso im Aufriß die Länge und die Höhe der Traufseiten²⁸⁾. Rechtecke vom Seitenverhältnis 3:4 bilden in den Fronten die Achsen der Halbsäulen zusammen mit der Standlinie und der Oberkante des Gurtes. Querschnitt und Höhe von Halbsäulen und Pilastern sind nicht in solchen Zahlen ausgewogen; Breite und Ausladung der Pilaster verhalten sich wie 3:1²⁹⁾.

Die Einhardsbasilika zu Steinbach im Odenwald

Auch hier ist von zahlreichen Versuchen zu berichten, die — in Meter ausgedrückt willkürlich erscheinenden — Abmessungen des Bauwerks für den Entwurf wie für das Vorgehen an der Baustelle verständlich zu machen.

Adamy 1895: Im römischen Fuß (29,64 cm) lasse sich ein Dutzend Maße angeben³⁰⁾. (Die Differenzen zwischen den derart definierten SOLL-Werten und den IST-Werten sind nicht größer als +5/—4 cm. Dabei ist allerdings in Rechnung zu stellen, daß die hier benützten IST-Werte von den Baumaßen, die Müller 1936 genannt hat, im Mittel um +12/—6 cm, im Einzelfall bis +23/—8 cm abweichen.)

v. Drach 1887: Aus der Gleichsetzung der Weite des Mittelschiffs mit 25' wird der hier verwendete römische Fuß zu 29,2 cm neu festgesetzt. In dieser Einheit wird reichlich ein halbes Dutzend Baumaße ausgedrückt. Daß sich zwischen den bei

²⁸⁾ Diese beiden Verhältnisse hat bereits Arens 1938 festgestellt.

²⁹⁾ In der wohl 1141/48 errichteten Vorkirche der Lorsch Klosterbasilika lassen sich die Abmessungen der Arkaden (Adamy 1891, Fig. 53) in einem 29,31 cm großen Fuß angeben. — Nach Boeckelmann (1965, S. 46) hat der römische Fuß den drusianischen Fuß im 10. Jahrhundert zu verdrängen begonnen. Arens (1938, S. 89) nannte für diesen Vorgang das 11. Jahrhundert, Rave (1958, S. 51) den Anfang des 12. Jahrhunderts. Den fraglichen Zeitraum zuverlässig einzugrenzen, scheint mir beim heutigen Stand des Wissens noch nicht möglich zu sein.

³⁰⁾ Die Mehrzahl dieser Werte hat Adamy 1887 nochmals genannt.

Adamy entlehnten IST-Werten und den so definierten SOLL-Werten nicht geringe Differenzen einstellen — sie reichen bis $+10/-12$ cm — ist dem Autor nicht entgangen³¹⁾. In der mangelnden Übereinstimmung von These und Wirklichkeit erkannte er jedoch nicht die Aufforderung, seine These den Tatsachen anzunähern, sondern sah in ihr die vermeintliche Rechtfertigung, in die Gefilde geometrischer Deutungen auszuweichen.

Kossmann 1925: Eine vom gleichschenkelig-rechtwinkligen Dreieck ausgehende Schlüsselfigur regiere die östliche Region des Grundrisses und reiche mit fünf „Plan-einheiten zu je rd. 3,60 m Länge“ bis zur inneren Flucht der Außenmauer der Vorhalle.

Behn 1932: „Der Versuch Adamys, die Maße der Basilika auf den Einheitswert des römischen Fußes zu 0,296 m zu bringen, durfte schon damals als mißlungen bezeichnet werden“, zumal sich inzwischen — „nicht zuletzt dank der umfangreichen Untersuchungen von F. Kutsch“ — „die Erkenntnis durchgesetzt (hat), daß die Bauwerke der karolingischen ... Zeit dem Meßwerte des karolingischen Fußes zu 0,34 m folgen“. (Behn legte über den Grundriß der Einhardsbasilika ein Raster mit der Maschenweite $5 \times 0,34 = 1,70$ m. Daß damit die Weite der Kryptastollen (1,68 m) und die Ausladung der seitlichen Chorzellen (1,42 m) schematisch auf dieselbe Größe gebracht seien, hat Müller 1936 angemahnt. Den Rastermaßen des Schemas lassen sich weitere 13 auch in Meter bekannte Baumaße gegenüberstellen. Die Differenzen betragen im Mittel $+14/-25$ cm, sie reichen bis $+28/-52$ cm.)

Müller 1936: Werde die Breite der Langhauspfeiler (0,60 m) gleich 2' gesetzt, erhalte man einen römischen Fuß „von ca. 29 cm“. In ihm ließen sich, zumeist in dekadisch gestaffelten Fußzahlen, 18 Baumaße angeben. Allerdings, „diese nackten Werte treten in Wirklichkeit kaum in Erscheinung; sondern meist sind sie teils etwas überschritten, teils nicht ganz erreicht“³²⁾. (Welche Größenordnung diesen Abweichungen zugebilligt ist, geht aus einer Zusammenstellung hervor, in welcher für Baumaße, die um 45 bzw. 34 cm differieren (17,52/17,07 bzw. 14,67/14,33 m) jeweils dieselbe Fußzahl genannt ist.) — Seiner These offenbar nicht ganz sicher hat Müller die genannten Baumaße auch in einen „Fuß von ca. 34 cm“ übersetzt. (Nun ist fast

³¹⁾ Die Weite der Nebenapsis sei „annähernd“ 8', die Länge des Langhauses „annähernd“ 60'. Die Gesamtbreite des Zellenquerbaues messe 65', denn „für die Breite des Inneren sind 17,21 m = 59 r. F. gemessen; da die Fundamentmauern eine Stärke von 0,70 bis 0,72 m, also zu zweien von ca. 5 Fuß haben, stimmt unsere Annahme genügend mit den Tatsachen“. Allerdings ist $59' + 5' = 64'$, die Differenz $1' = 29,2$ cm.

³²⁾ Da für die Maßeinheit ein „ca.“-Wert genannt wurde, ist hier nicht möglich, die der These entspringenden SOLL-Maße — als Produkte von Maßeinheit und Fußzahl — den IST-Maßen gegenüberzustellen und die zwischen beiden bestehende Differenz zu ermitteln. Dividiert man statt dessen die IST-Maße durch die ihnen hier zugesprochenen Fußzahlen, errechnet man also die (ohne DIFF.) im Einzelfall vorausgesetzte Größe der Maßeinheit, so erhält man für den römischen Fuß zwischen 28,00 und 29,92 cm pendelnde Werte.

jede zweite Fußzahl um einen Bruchteil der Maßeinheit vergrößert³³⁾). Einige dieser Bruchteile — $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ — stammen aus der Duodezimalteilung, andere — $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{7}$ — lassen sich in keiner alten Fußteilung unterbringen³⁴⁾.) — Auch dieses Ergebnis scheint den Autor nicht befriedigt zu haben. So half er sich mit der Annahme, die ermittelten Fußzahlen schienen „mehr zur Bestimmung und Angabe der Größe gedient zu haben, während sie für die Erfassung der eigentlichen Proportionen, der Art, in der sämtliche Baumaße aufeinander abgestimmt sind, nicht ausreichen. Hier dürften andere Mittel beteiligt gewesen sein“. (Mit dieser Unterscheidung zwischen Maßen und Verhältnissen von — wie definierten? — Maßen war der Ausweg ins Reich geometrischer Scheinbegründungen frei.)

Arens 1938: Falls die Weite der Schiffe — nach Adamy 7,28 bzw. 2,92 m — gleich 25' bzw. 10', war „die Annahme eines römischen Fußes gerechtfertigt, dessen Wert unter 29,57 cm liegt, im Falle von Steinbach also 29,1 (bis 29,2) cm“. So ließen sich 15 Baumaße in Fuß angeben. (IST-Maße und Thesenmaße — diese mit $7,28 + 2,92 : 35,00 \rightarrow 29,14$ cm gerechnet — differieren im Mittel um $+4/-5$ cm, im Einzelfall bis zu $+19/-9$ cm.) — Mitverursacht ist dieses Ergebnis in der Freiheit, die Adamy in seiner Kotierung der Baumaße walten ließ.

Schalkenbach 1940/41: Mit Berufung auf Dehio, der mit zwei Buchveröffentlichungen der Triangulation Kredit verschafft hatte, legte Schalkenbach ein aus gleichseitigen Dreiecken bestehendes Netz über den Grundriß der Basilika. Dem Grundmaß gab er, wie v. Drach und Müller vor ihm, mittig die Weite des Mittelschiffs = 25', seitlich die Stärke einer Arkatur zuzüglich der Weite eines Seitenschiffs = $12\frac{1}{2}'$. (In den Maßzahlen Adamys — 7,28 und 0,67 + 2,92 m — hatten diese Strecken mit dem so festgelegten Verhältnis $25':12\frac{1}{2}' = 2:1$ ihre liebe Not, in den inzwischen durch Müller berichtigten Maßzahlen — 7,21 und 0,60 + 2,89 m — war dieses Verhältnis samt zugehörigen Fußzahlen als Ansatz einer Maßberechnung nicht mehr aufrecht zu erhalten³⁵⁾.) Schalkenbach triangulierte über diesem Grundmaß. Er tat dies, wie nicht anders möglich, mit Erfolg und nicht ohne darauf hinzuweisen, „daß die Dimensionierung nach dem gleichseitigen Dreieck, das in seiner Halbierung der Proportion des Goldenen Schnittes nahekomm, zweifellos eine der

³³⁾ Auch für diese Maßeinheit ist ein „ca.“-Wert genannt. Ermittelt man deswegen auch hier die im Einzelfall geltende Größe der Maßeinheit, so erhält man Werte, die von 33,21 bis 36,00 cm reichen. Wie man mit solchen Werten in der einen oder in der anderen Maßeinheit zu den am Reißbrett, in den Werkstätten und an der Baustelle benötigten Zollstöcken und Meßlatten kommen soll, bleibt unerfindlich.

³⁴⁾ Erst im 19. Jahrhundert hat man auf den Fuß, wo man an dieser Einheit festhalten wollte, die Dezimalteilung des metrischen Systems übertragen.

³⁵⁾ Boeckelmann 1965 (S. 52) hat sich dieser Zuweisung dennoch angeschlossen.

Ursachen für die uns heute noch in ihren Bann schlagende Wirkung von karolingischen und hochromanischen Kirchenräumen ist“.³⁶⁾

Schubert 1954: Über der Weite des Mittelschiffs — 25 römische Fuß zu „je 0,292 m“ — wurde der Grundriß der Basilika erneut trianguliert.

Arens 1964³⁷⁾: „In Steinbach findet sich derselbe Fuß von 29,1 (bis 29,2) cm wie an der Torhalle in Lorsch“, denn die Weite des Mittelschiffs = 25' und die Weite der Seitenschiffe zuzüglich der Arkadenstärke = 10'. In diese Maßeinheit ist ein Dutzend Baumaße übergeführt. (Die Abweichungen zwischen IST und SOLL gehen über +4/—3 cm nicht hinaus.) — In diesen Fußzahlen ergaben sich folgende Verhältnisse: Weite des Mittelschiffs: Weite eines Seitenschiffs (einschließlich Arkatur) = 2:1, Weite der Seitenschiffe (ebenso): Höhe der Pfeiler: Höhe des Mittelschiffs = 1:1:3, im Mittelschiff Weite:Höhe = 5:6. (Die Mauerstärke der Basilika ist 0,67 m, die Stärke der Arkatur, worauf Müller 1936 hinwies, nur 0,60 m; die Seitenschiffe einschließlich Arkatur also 2,89 + 0,60 = 3,49 m; dazu das Doppelte 6,98 m; das Mittelschiff 7,21 m, die Differenz 23 cm. Das genannte Verhältnis (1:2) der Schiffe, die in diesem Verhältnis gestaffelten dekadischen Fußzahlen, mithin die mit diesen Fußzahlen und den fraglichen Baumaßen gewonnene Größe der Maßeinheit, ist somit nicht zu halten. Pfeilerstärke und Bogenweite der Langhausarkaden sind in dieser Maßeinheit nicht darstellbar. Daraus wäre nicht zu folgern, daß „die Arkade aus dem Maßgefüge ausgeschlossen ist, demnach als trennender Streifen zwischen den Lichtmaßen der Schiffe steht“. Den Querschnitt des Mittelschiffs im Verhältnis 5:6 definiert zu sehen, ist auch vom Vertikalmaß her nicht unbedenklich, da dieses Maß bis „Oberkante der Balken = Mauerhöhe“ gemessen ist, was voraussetzt, die Dachbalken seien ins Mauerwerk eingelassen, statt auf die Mauerkronen aufgelegt zu sein.)

Spieß 1968: Grundriß und Aufriß der Basilika sind nochmals trianguliert. Als Grundmaß dient wieder die Weite des Mittelschiffs. Dieses Mal sei diese Weite allerdings „gleich 24 römischen Fuß“, der Fuß demnach zu 30,04 cm gerechnet.

Szakal 1970: Die bei Schubert entlehene Triangulation des Grundrisses ist im Chorbereich ausgebaut.

Kottmann 1971: In einem „karolingischen Fuß“, dessen Größe Maß für Maß zwischen 33,4 und 34,2 cm wechseln soll³⁸⁾, benennt Kottmann sechs Baumaße der Basilika. Der Grund- und Aufriß stehe im übrigen unter dem Regiment von gleichseitigem Dreieck und Quadrat, Kreis und regelmäßigem Fünfeck.

³⁶⁾ Daß der Goldene Schnitt für Schönheit garantiere, weiß jedermann; schließlich hat man diesen mathematisch eingekleideten Aberglauben seit Zeisings Zeiten oft genug kolportiert. Aber davon abgesehen: Im halben gleichseitigen Dreieck verhalten sich die winkelrecht zueinander stehenden Strecken, d. h. Basishälfte: Höhe, wie 1:1,732050, das Verhältnis des Goldenen Schnitts lautet 1:1,618033. Der Unterschied beträgt immer 7,0 ‰.

³⁷⁾ Wie Anm. 24.

³⁸⁾ Der „34,7 cm“ große Wert, der 12½ mal in 4,22 m eingehen soll, mag als Druckfehler beiseite bleiben.

Um aus diesem Bericht die Summe zu ziehen:

Sowohl in einem auf 29,1 cm abgeminderten wie in einem auf 30,0 cm vergrößerten, allemal „römisch“ genannten Fuß, genauso in einem etwa 34 cm großen „karolingischen“ Fuß ist es möglich, eine Handvoll Baumaße oder wenigstens ein „Grundmaß“ passabel anzugeben. Wer entwirft und wer baut, hat aber eine stattliche Anzahl weiterer Maße nötig. Sie alle in einer der genannten Einheiten auszudrücken, ist nicht möglich. Eben deswegen hat mancher Autor auf geometrischen Wegen seinen Erfolg gesucht und gefunden.

Anders, sobald man die an der Goldbacher Kapelle festgestellte Maßeinheit auch hier einführt. Nun lassen sich gegen 70 Baumaße — die von Müller genannten und einige mehr (wobei die an den Langhausarkaden für das Achsmaß und die Abmessungen von Pfeilern und Bögen im Dutzend auftretenden Maße nur einmal gezählt sind) — in Fußzahlen angeben (Abb. 12 und 13) Von ihnen lauten die wichtigsten:

In der Oberkirche

Grundriß

Chor mittlere Zelle Weite : Länge = $21':15' = 7:5$

seitliche Zellen ebenso $12\frac{1}{2}':12\frac{1}{2}' = 1:1$

gesamte Weite 50'

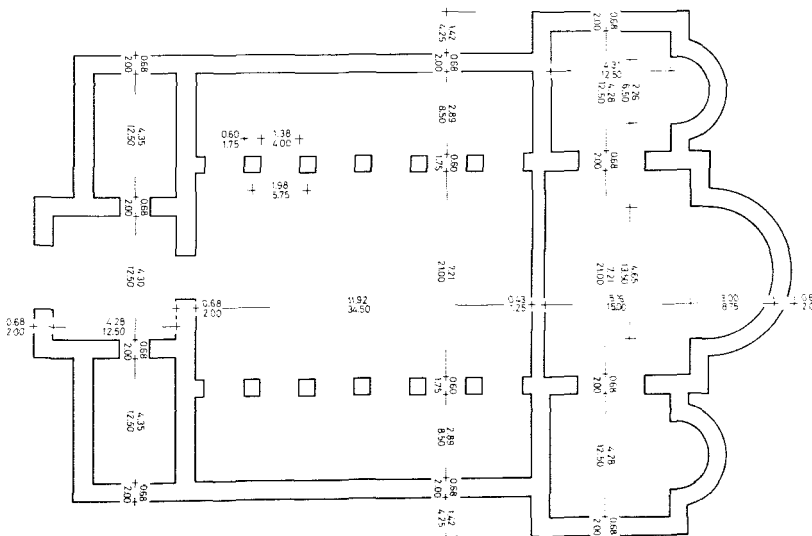


Abb. 12: Steinbach Einhardsbasilika, Grundriß 1:250

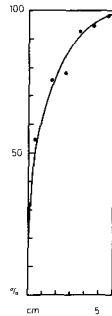


Abb. 14: Steinbach Einhardsbasilika,
Größe und Häufigkeit der Differenzen zwischen Soll- und Istmaß

Die Kaiserpfalz zu Aachen

Wie die Bedeutung dieser Pfalz Karls des Großen erwarten läßt, ist von einer reichen, früh einsetzenden Literatur zu berichten:

Bock 1840: Dem Archäologen C. P. Bock ist gelungen, einen dem Mittelalter vertrauten Gedanken — das Kirchengebäude habe als eine Verkörperung des himmlischen Jerusalem zu gelten — mit einer aus der germanischen Frühzeit zuverlässig überlieferten Maßeinheit — dem von Hyginus bei den Tüngern angetroffenen, von ihm zu $1\frac{1}{8}$ röm. Fuß normierten drusianischen Fuß — in einer jedermann geläufigen Dimension der Aachener Pfalzkirche zusammenzuführen. Er tat dies an Hand einer Rechnung, die im fehlerfreien Zusammengehen weniger Zahlen offenkundig machte, in diesem Kirchenbau sei die Idee der Himmelsstadt zeichenhaft verdinglicht, was heißt, in ihrem Ursprung sei die Pfalzkirche als ein Symbol der Himmelsstadt zu verstehen³⁹⁾. In Bocks Rechnung sind zwei Posten eingegangen: Zum einen der (innere) Umfang des Achtecks der Pfalzkirche mit 47,92 m⁴¹⁾, zum anderen die Zahl 144, die der Engel an der Umfassungsmauer der Himmelsstadt gemessen hat. Die Rechnung besteht aus einer einzigen Operation, nämlich $47,92 \text{ m} : 144 = 0,33277 \text{ m}$.

³⁹⁾ Dieselben Werkleute, die in Steinbach tätig waren, dürften auch die Abteikirche in Seligenstadt errichtet haben. Hier messen die acht Freipfeiler und genauso die beiden Endpfeiler jeder Langhausarkatur im Mittel 0,892 m (2,50'), die neun Archivolten im Mittel 2,713 m (8,00'). Der Länge des Langhauses (33,34 m) entsprechen demnach $10 \times 2,50' + 9 \times 8,00' = 97,00$, also $33,34 \text{ m} : 97,00 \rightarrow 34,37 \text{ cm}$.

⁴⁰⁾ Architektur symbolisch zu deuten, war Bock zu seiner Zeit nicht als einziger geneigt, vgl. Hecht 1970–1973, I, S. 254 ff.).

⁴¹⁾ Die zu Beginn unseres Jahrhunderts montierte Inkrustation hat dieses Maß verändert. Alle hier benützten Grundrißmaße der Pfalzkirche stützen sich auf ein im Jahre 1900 von dem damaligen Dombaumeister Buchkremer gefertigtes Maßblatt, das Boeckelmann (1957 Abb. 4) veröffentlicht hat.

Das Ergebnis entspricht dem drusianischen Fuß. Folglich war der genannte Symbolgehalt der Pfalzkirche offenkundig und überdies galt als erwiesen, den Abmessungen der Pfalzkirche liege dieses Fußmaß zu Grunde. — (Zu bedenken bleibt gleichwohl: 1. Wie die Apokalypse (XXI, 17) berichtet, maß der Engel „mit der Meßrute die Stadt: 12 000 Stadien; die Länge, Breite und Höhe sind bei ihr ganz gleich. Er maß auch ihre Mauer: 144 Ellen nach dem Maß der Menschen, das auch das der Engel ist“. Der hier genannte Umfang der Stadt entspricht etwa 2500 km. Mit den danach erwähnten $144 = 12 \times 12$ Ellen — etwa 75 m — kann demnach nicht nochmals die Länge der Mauer gemessen sein. Vielmehr ist diese Maßangabe eher als Höhe der Mauer zu verstehen. Tatsächlich scheint, als die Apokalypse abgefaßt wurde, üblich gewesen zu sein, den Umfang einer Stadt, wie hier geschehen, in Stadien, die Höhe der Stadtmauer aber in Ellen (oder in Fuß) anzugeben⁴²). Also maß der Engel die 144 Einheiten offenbar in der Vertikalen, nicht — wie Bock interpretierte — im Umfang. Überdies maß er in Ellen — nicht wie Bock annahm — in dem der Elle gegenüber um ein Drittel kleineren Fuß. Wie will man unter diesen Umständen die Messung der quadratischen Himmelsstadt auf das Achteck der Pfalzkirche anwenden? 2. An der Baustelle ist ein Achteck abzuschnüren, dessen Umfang zu 144 Maßeinheiten vorgegeben ist. Wie soll dies geschehen? Wird der Bauleiter den achten Teil dieser Strecke — 18 Einheiten — antragen, am Ende dieser Strecke einen rechten Winkel konstruieren, diesen halbieren, die nächste Achteckseite antragen usw., in der Hoffnung, schließlich ein regelmäßiges Achteck zu erhalten? Wohl kaum, denn er wußte, daß es eine Sache ist, auf dem Reißbrett mit Schiene und Winkel zu zeichnen, aber eine andere Sache, auf der Baustelle mit Meßlatte, Schnur und Pflock zu hantieren. Also wird er als Praktiker vorgegangen sein, d. h. er hat zunächst ein Quadrat ausgetragen und hat aus diesem Quadrat in einem zweiten Arbeitsgang das Achteck gewonnen. Vermutlich kannte er beide Verfahren, die hier zum Ziel führen. Ob er den einen oder den anderen Weg einschlagen wollte — er konnte mit seiner Arbeit erst beginnen, wenn ihm die Länge der Quadratseite bekannt war, die ein Achteck des geforderten Umfangs liefert. Wir errechnen aus der Achteckseite die Quadratseite mit der Formel $x = a + a/\sqrt{2}$. Wie rechnete unser Bauleiter zur Zeit Karls des Großen?

Buchner 1919: Die 1898 bekanntgewordenen Abmessungen des Atriums der Pfalzkirche veranlaßten einen zweiten Deutungsversuch der Pfalzkirche samt Ableitung eines weiteren Fußmaßes: „Besonders beweiskräftig für den bewußten Anschluß der Aachener Marienkapelle an die in der Bibel gegebene Schilderung der alttestamentlichen Stiftshütte sind die übereinstimmenden Maßverhältnisse zwischen dem karolingischen Atrium auf der einen und dem Atrium der Stiftshütte und des salomonischen Tempels auf der anderen Seite“. Der Liber Exodus gebe diesem Atrium 100×50 , dem Tempel 200×100 Ellen, beide Male sei das Seitenverhältnis

⁴²) L. B. Alberti hat in seinem Werk *De re aedificatoria* (I, 3 und IV, 3) etliche solche Stellen aus ungenannten Autoren der Antike zusammengetragen.

2:1. Das Atrium des Münsters sei „ungefähr 36 m“ lang und „rund 17 m“ breit. Diese „Übereinstimmung“ dürfte „doch wohl als ein neuer Beweis für den Anschluß an die Werte der Bibel beim Aachener Gotteshaus erachtet werden“. Die Aachener Elle sei demnach gleich einem Hundertstel der Länge des Atriums = $0,36 \dots 0,37$ m, der zugehörige Fuß messe also $0,24 \dots 0,25$ m. So dürfe „als wahrscheinlich gelten, ... daß man sich bei der Bestimmung der Maße dieses Aachener Atriums, ebenso wie bei der Wahl der Raumverhältnisse im Zentralbau, an die entsprechenden Maße hielt, welche das Atrium und das Allerheiligste des Jüdischen Heiligtums aufwies“.

Arens 1938: Das Aachener Münster sei ein Kronzeug für die Verwendung des karolingischen Fußes, der identisch ist mit dem drusianischen Fuß (33,29 cm). In dieser Einheit benannte Arens etwa zwei Dutzend von $2\frac{1}{2}'$ zu $2\frac{1}{2}'$ gestaffelte Baumaße des Münsters. (IST- und SOLL-Werte differieren im Mittel um $+4/-3$ cm, im Einzelfall bis $+10/-11$ cm.) — (Im Grundriß ist für jedes zweite der genannten Maße eine Entfernung zwischen Punkten gewählt, die sich in einer Bauzeichnung leicht nachmessen läßt, die aber an der Baustelle auf keine Weise abzuschnüren ist. Auch sind Strecken miteinander ins Verhältnis gesetzt, die in der Sache nichts gemeinsam haben. Zur Scheitelhöhe der Kuppel erhält der Leser eine verwickelte Auskunft: Diese Höhe sei 90', also $90 \times 0,3329 = 29,96$ m. Aber die Summe der in Meter genannten Teilmaße ist 30,18 m, als Gesamtmaß ist 31,71 m genannt. Was gilt nun? Zutreffend wäre 30,57 m.)

Boeckelmann 1957: Hatte Arens die Fußzahlen um $2\frac{1}{2}$ Einheiten gestaffelt, so sollte nun das zehn- oder zwanzigfache dieser Staffeln als Modul der Pfalzkirche gelten. Begründung: im 33,29 cm großen drusianischen Fuß messe der äußere Durchmesser des Achtecks 50' mit nur 9,5 cm Abweichung. In der Staffelnung $10' - 12\frac{1}{2}' - 25' - 50' - 100'$ nannte Boeckelmann ein halbes Dutzend weiterer Baumaße. — (Einige dieser Maßzahlen sind widersprüchlich. So kann die Diagonale des Sechzehneckes [zwischen den Kanten gemessen] nicht gut 100' messen, wenn für das Quermaß des Achtecks [einschl. Pfeiler] 50' und für die Quermaße des Umgangs [einschl. Außenmauer] je 25' genannt werden. Andere Maßzahlen sind nicht vollwertig: So die Firsthöhe des Achtecks, da sie das Quermaß des Sechzehneckes, d. i. die Ausgangsgröße dieser Überlegung, in einer Rekonstruktion zum zweitenmal anbietet. Auch sollte man die Weite jener Öffnung, die 1788 durch Aushauen der Gewände des Hauptportals entstand, nicht als karolingisches Baumaß einführen.)

Stephany 1958: Im karolinischen Fuß (etwa 33,4 cm) sei zu messen: innerer Umfang des Achtecks 144', Quermaß des Achtecks außen 50', Breite des Sechzehneckes 100'; Traufhöhe des Sechzehneckes 50', Firsthöhe des Achtecks 100'. So ergeben sich „drei Anspielungen: 50 und 100 sind die Maßzahlen für das Heiligtum Gottes z. B. bei dem Zelt des Moses (Exodus 27,11 ff.); 144 ist die Maßzahl für den Umfang der heiligen Stadt (Apoc. 21,17); nach Länge, Breite, Höhe gleich ist das Neue Jerusalem (Apoc. 21,16). So wird die Kirche Karls ein an den Zahlen ablesbares Abbild des himmlischen Jerusalem“.

Hugot 1962/63: Für den Zentralbau habe Boeckelmann in einem 33,29 cm großen Fuß den Modul zu 50' genannt. Anders verhalte es sich mit den Maßen des

Westbaues der Pfalzkirche. Hier sei der Fuß 33,4 cm, der Modul 12'. (In den sechs genannten Baumaßen der Westfront betragen die Differenzen zwischen IST und SOLL im Mittel +4/—5 cm, im Einzelfall bis +6/—10 cm.)

Kreusch 1963: Der innere Umfang des Achtecks (ohne Marmorbekleidung) messe 47,92 m, das ist 144 drusianische Fuß zu 33,27 cm. Dies habe bereits Bock bemerkt und als bewußte Darstellung der Umwehrung der Himmelsstadt verstanden.

Hugot 1965⁴³⁾: Die Fläche des Pfalzbezirks lasse sich in einem quadratischen Raster unterteilen, wenn man 12' (je 33,33 cm) als Modul zugrunde lege. Man messe nämlich zwischen der Nordflucht des Atriums und der Südflucht der Aulaportikus 360'. Trage man von der Stirnseite der gotischen Chorhalle westwärts ebenfalls 360' ab, so erhalte man ein Rahmenquadrat, das sich nach beiden Richtungen in je vier kleinere Quadrate — Seitenlänge 84' = 7 Modul zu je 12' — und eine Straße — Breite 24' = 2 Modul zu je 12' — aufteilen lasse; von diesen Straßen laufe die eine in ostwestlicher Richtung durch das zwischen Atrium und Portikus liegende Tor- und Gerichtsgebäude, die andere treffe von Norden kommend auf die Mitte der Nordmauer des Atriums. Auch die Bauten richteten sich nach diesem Raster: Das Torgebäude sei genauso lang, das Atrium genauso breit wie eines der Quadrate. (Die Seitenlänge des vom Atrium bis zur Aulaportikus reichenden Rahmenquadrats sei 360' = 120,00 m. Aus veröffentlichten Teilmaßen und Rissen ermittelt man für diese Strecke (121,25) m⁴⁴⁾. — In beiden Hauptrichtungen bleibe zwischen den Rasterquadraten jeweils eine 24' breite Bahn. Die nach Süden laufende Bahn, auch sie als Straße verstanden, treffe zwischen den Rasterquadraten mitten auf die Außenmauer des Atriums. (Sie trifft auf keine der vier Pfeilerarkaden des Hofes.) — Der Querbau, durch den die andere Straße führe, habe die Länge eines 84'-Quadrats = 28,00 m. (Das Fundament des Querbaues ist zu 29,57 m eingemessen⁴⁵⁾.) Das Atrium habe die Breite eines solchen Quadrats = 28,00 m. (Aus veröffentlichten Teilmaßen und Rissen ermittelt man [27,45] m⁴⁶⁾.) — Zur Pfalzkirche teilt Hugo mit, in den Diagonalen des Grundrisses messe der Kantenabstand des Sechzehnecks nicht, wie vielfach behauptet, 100'. Der halbe Durchmesser des Achtecks sei gleich dem Vierteldurchmesser des Sechzehnecks. Da die innere Abwicklung des Achtecks programmgemäß 144' — gleich 12 Modul — betrage, ergebe sich die Mauerstärke des Achtecks als (irrationaler) Differenzwert von selbst. Der innere Durchmesser des Sechzehnecks sei doppelt so groß wie der innere

⁴³⁾ Was das vorliegende Thema angeht, ist hier eingeschlossen L. Hugot, Die Königshalle Karls des Großen in Aachen, in: Aachener Kunstblätter 30, Düsseldorf 1965, S. 38.

⁴⁴⁾ Von der Nordwestkante der Pfalzkirche bis zur Aula 135,16 m (Kreusch 1965, S. 512), von da bis zur Nordseite des Atriums (7,90) m (Kreusch 1958, Bild 37 und Kreusch 1965, Fig. 12), von der Aula bis zur Vorderseite des Portikusfundaments 6,21 m (Hugot 1965, S. 555 f.).

⁴⁵⁾ Kreusch 1965, S. 531.

⁴⁶⁾ Der Hof im Mittel 17,15 m (Kreusch 1965, S. 505), die Hallen einschl. Arkatur und Außenmauer (5,15) m (ebenda, Fig. 12).

Durchmesser des Achtecks, folglich sei die innere Abwicklung des Sechzehneckes gleich $288' = 24$ Modul; auch hier ergebe sich die Mauerstärke aus gleichen Gründen von selbst. Auch der Aufriß sei nach dem $12'$ großen Modul eingerichtet: Das Hauptgesims des Sechzehneckes $48'^{47)}$, die Unterkante der Abdeckung des Pultdaches $60'^{48)}$, die Oberkante der Aufmauerung über dem Achteckgesims $84'^{49)}$, ebenso am Westbau die Breite der Front $36'^{50)}$, die Breite der Nische $24'^{51)}$, die Oberkante der Nischenkämpfer $48'^{52)}$ und die Scheitelhöhe der Nische $60'^{53)}$. Die größte Länge der Pfalzkirche messe wie die Abwicklung des Achtecks $144'^{54)}$. (Diese Rastermaße der Pfalzkirche differieren von den Baumaßen im Mittel um $+11/-49$ cm. Die Abweichungen reichen bis $+20/-176$ cm.) — Von der Aula nannte Hugot acht Baumaße. „Diese Grundrißmaße lassen erkennen, daß die Königshalle nach dem kapitolinischen Fußmaß von $29,6$ cm erbaut wurde.“ (IST und SOLL differieren im Mittel um $+3/0$ cm, höchstens um $+6/0$ cm.) — Die Abmessungen des Verbindungsganges lassen „vermuten, daß dieser Baukörper gleich der Königshalle nach dem kapitolinischen Fußmaß gebaut wurde“.

Kreusch 1965: Die Abmessungen der Pfalzkirche seien im karolingischen Fuß ($33,28$ cm) festgelegt: Der innere Umfang des Achtecks $144'$, die äußere Breite des Sechzehneckes $100'$, die äußere Breite des Achtecks rund $50'$, dazu als Höhenmaße im Inneren: das Erdgeschoß rd. $23'$, das Emporengeschoß (Kämpferhöhe) rd. $25'$, am Äußeren das Sockelgesims am Tambour $60'$, die Fensterscheitel des Obergadens $72'$, das Hauptgesims $84'$, schließlich am Westbau das Kämpfergesims der großen Nische etwa $48'$, die Scheitelhöhe dieser Nische $61\frac{2}{3}'$, die Breite und die Höhe der Vorhalle rd. $19'$. In den Fußzahlen der Vertikalmaße sei der Multiplikator 12 vorherrschend, der Multiplikator 10 trete als besondere Differenzierung hinzu; am Westbau gebe es allerdings Maße, die sich diesem Schema nicht fügen, aber einem im römischen Fuß definierten Kanon ebenfalls nicht gehorchen wollen. Die Anwendung eines weiteren Fußmaßes sei nicht anzunehmen. So werde deutlich, daß noch andere Gesetze am Werk sind, und seien es ästhetische. (In den genannten Maßen differieren

⁴⁷⁾ $48' = 16,00$ m. (Herr Dombaumeister i. R. Dr.-Ing. F. Kreusch war so liebenswürdig, mir auf meine Anfrage hin eine ganze Anzahl Vertikalmaße der Pfalzkirche brieflich mitzuteilen, wofür ich auch an dieser Stelle sehr herzlich danke. Für die hier in Frage stehende Höhe nannte Herr Kreusch $15,81$ m.)

⁴⁸⁾ $60' = 20,00$ m (Kreusch 1965, S. 476 und Fig. 4: Die Oberkante des Sockels unter den Obergadenfenstern $20,00$ m, die Unterkante der Abdeckung etwa $0,60$ m tiefer).

⁴⁹⁾ $84' = 28,00$ m (Traufgesims OK nach Kreusch 1965, S. 501: $27,41$ m, die Aufmauerung nach Buchkremer 1947, Taf III: $0,32$ m, zusammen $27,73$ m. Nach Buchkremer (ebenda) hat das Zeltdach mit dem Traufgesims eingesetzt, die fragliche Aufmauerung lag also unter der Dachfläche verborgen).

⁵⁰⁾ $36' = 12,00$ m (Hugot 1962/63, S. 109: $12\,025$ m).

⁵¹⁾ $24' = 8,00$ m (Haupt 1913, S. 21: $7,86$ m).

⁵²⁾ $48' = 16,00$ m. (Dieses Gesims ist aus der Traufe des Sechzehneckes weitergeführt.)

⁵³⁾ $60' = 20,00$ m (Kreusch 1965, S. 50 f.: heute $20,20$ m, Sollhöhe $20,56$ m).

⁵⁴⁾ $144' = 48,00$ m (die größte Länge nach Haupt 1913, S. 21: $46,24$ m).

IST und SOLL im Mittel um $+4/-15$ cm, im Einzelfall bis $+4/-55$ cm.) — An dem die Pfalzkirche mit der Aula verbindenden Gang ließen sich gewisse Baumaße im karolingischen und/oder im römischen Fuß darstellen, doch sei das Obergeschoß dieses Ganges „sicher nach dem römischen Fuß“ gebaut. (Nach dem karolingischen Fuß betragen die Differenzen im Mittel $0/-10$ cm [maximal $0/-29$ cm], nach dem römischen Fuß im Mittel $+1/-18$ cm, [maximal $+1/-27$ cm].) — Für die Aula sei der römische Fuß durch Hugot (Königshalle 1965) eindeutig belegt. Das römische Fußmaß tauche also unter Karl d. Gr. in Aachen neu auf, nachdem seit Hyginus der drusianische Fuß galt. Dieser Fuß, den man dem Bau der Pfalzkirche und des Atriums zugrunde legte, habe deswegen auch nach Karl d. Gr. vorrangig seine Geltung bewahrt. Man müsse annehmen, die Werkleute, die die Aula samt dem Verbindungsgang aufführten, hätten das römische Maß in ihrem Gepäck mitgebracht.

Kottmann 1971: Für den Grundriß der Pfalzkirche sind 8, für ihren Aufriß weitere sieben Maße — alle in Bauzeichnungen abgegriffen — differenzlos in ganze Fußzahlen umgerechnet. Bei diesem Vorgehen schwankt die Maßeinheit zwischen 33,00 und 35,00 cm. Als „gemessen“ ist ein einziger Wert angeführt. Er hat sich in keiner ganzen Fußzahl darstellen lassen. — (In die Berechnung ist als größte Breite des Sechzehneckes das Diagonalmäß eingegangen. Im Grundriß ist dagegen markiert, das Quermaß zwischen den äußeren Fluchten des Sechzehneckes sei — was tatsächlich zutrifft — doppelt so groß wie das Quermaß zwischen den äußeren Fluchten des Achtecks.) — Im übrigen sind im Grundriß wie im Aufriß allerlei Dreiecke für die Abmessungen des Bauwerks verantwortlich gemacht.

Kreusch 1974: Karl der Große habe die Pfalzkirche im drusianischen Fuß (33,28 cm) gebaut, die Palastaula im kapitolinischen Fuß (29,56 cm), das Atrium aber im langobardischen Fuß (28,64 cm)⁵⁵. Der Kaiser, zugleich König der Langobarden, könne Wert darauf gelegt haben, auch deren Maßeinheit in den Abmessungen der Bauten seiner Pfalz zu dokumentieren. In diesem weiteren Fuß sind fünf Baumaße ausgedrückt. (Die Differenzen betragen im Mittel $+2/-1$ cm, höchstens $+4/-2$ cm.)

Soweit dieser Bericht.

Nun ist auch hier zu prüfen, was sich mit der in Goldbach festgestellten Maßeinheit ausrichten läßt.

Wir beginnen mit der *Pfalzkirche*. Für den Grundriß (Abb. 15) stehen folgende Maßzahlen zur Verfügung: Die Weite des Achtecks (aus dessen Umfang berechnet) 14,46 m, die Stärke der Achteckpfeiler und die Weite des Umgangs (beide als algebraische Mittel der Messungen Buchkremers) und das äußere Gesamtmaß des Sechzehneckes (nach Kreusch 1965). Dies angeschrieben:

⁵⁵) Kottmann (1965, S. 7) hatte zu dem angeblich „ca. 43 cm“ großen *pes Liutprandi*, der als Elle zu verstehen sei, einen 28,5... 28,7 cm großen „langobardischen Fuß“ gebildet.

IST		FUSS		SOLL		DIFF.	
1,691	8,18	5,00	24,00	1,72	8,23	—3	—5
6,489		19,00		6,52		—3	
1,055	16,57	3,00	48,00	1,03	32,94	+2	—10
14,46		42,00		14,41		+5	
1,055		3,00		1,03		+2	
6,489	8,18	19,00	24,00	6,52	8,23	—3	—5
1,691		5,00		1,72		—3	

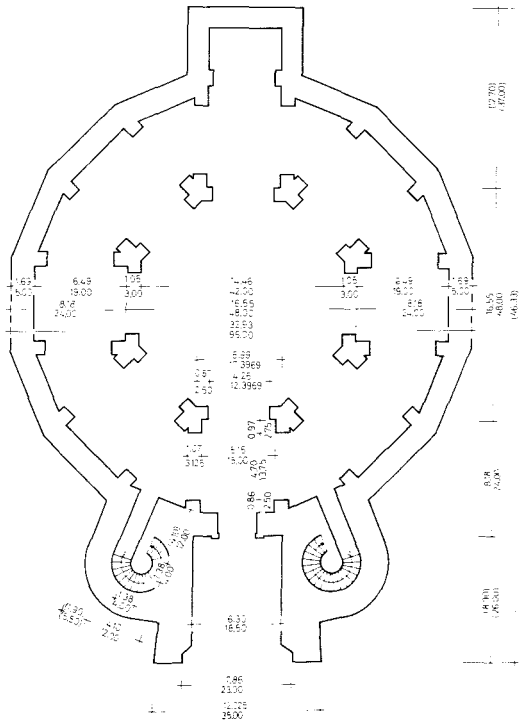


Abb. 15: Aachen Pfalzkirche, Grundriß 1:500

Demnach mißt das Achteck (einschl. Pfeiler) in der Querrichtung 48', die Umgänge (einschl. Außenmauer) je 24', im Ganzen 96'. Das Verhältnis dieser Teilmaße ist 1:2:1. — Hat das Quermaß des Achtecks eine rationale Maßzahl erhalten, so entspricht die Länge jeder Achteckseite, in derselben Maßeinheit ausgedrückt, einem irrationalen Wert: Die Länge der Achteckseiten mißt im Mittel 5,99 m. Dies entspricht 17,45' (die Seitenlänge eines 42' weiten Achtecks ist rechnerisch 17,3969').

Überdies entspricht unter dieser Voraussetzung auch der Umfang des Achtecks einem irrationalen Wert ($8 \times 17,3969' = 139,175'$). Die Ausladung der Pfeilerschenkel mißt im Mittel $0,869$ m ($2,50' = 0,86$ m). Demnach gehören von der Seitenlänge des Achtecks jeweils $2 \times 2\frac{1}{2}'$ den Pfeilern, der (in Fuß irrationale) Rest bleibt der Öffnung.

Im Umgang messen die Rechtecke peripher $5,15$ m, radial $0,97 + 4,70 + 0,86$ m, die jochbegrenzenden Bögen $1,075$ m. Auch dies angeschrieben:

5,15		15,00		5,15		—
0,97	} 6,53	2,75	} 19,00	0,94	} 6,52	+3
4,70		13,75		4,72		—2
0,86		2,50		0,86		—
1,075		3,125		1,07		—
						+1

Dazu die Hauptmaße in der Bauachse⁵⁶⁾.

Chor und Umgang (östlich)	(12,70)	37,00	12,69	(+1)
Achteck mit Pfeilern	16,55	48,00	16,47	+8
Umgang (westlich)	6,49	19,00	6,52	—3
Portalmauer	1,70	5,00	1,72	—2
Vorhalle	(8,90)	26,00	8,92	(—2)
	(46,36)	135,00		

An der Baustelle ließ sich dieser Grundriß ohne Schwierigkeiten so austragen (Abb. 16): Über dem zunächst festgelegten Achsenkreuz wurden zwei konzentrische Quadrate eingemessen, das innere mit der Seitenlänge $48'$, das äußere mit der Seitenlänge $96'$ (1:2). Danach wurde eines der Quadrate — wohl, des genaueren Ergebnisses wegen, das größere — zum gleichseitigen Achteck umgeformt⁵⁷⁾. Diese Punkte ließen sich radial auf das zweite Quadrat übertragen. Schließlich wurden die Winkel halbiert, die mit dem Achsenkreuz, mit den Diagonalen des Quadrats und mit den Achteckdiagonalen vorgegeben waren; die Winkelhalbierenden erzeugten auf dem Achteck die Eckpunkte des Sechzehneckes. Die weiteren Fluchten ließen sich mit der

⁵⁶⁾ Soweit bezifferte Maße nicht zur Verfügung stehen, sind die Werte bei Kreusch 1965 abgestochen und zu ihrer Kennzeichnung, ebenso alle aus ihnen abgeleiteten Werte, in Klammern gesetzt. Für das Achteck (einschließlich Pfeiler) ist der wie angegeben berechnete Wert benützt. An Stelle des so summierten Gesamtmaßes $(46,36)$ m nannte Haupt 1913 $46,24$ m.

⁵⁷⁾ Dafür gibt es zwei auf der Baustelle verwendbare Verfahren. Das eine: Aus den Ecken des Quadrats schlägt man die halbe Länge der Quadratdiagonalen auf die benachbarten Seiten des Quadrats. Oder noch einfacher, wenn das Quadrat wie hier orthogonal und zentrisch auf ein Achsenkreuz bezogen ist: Aus dem Schnittpunkt der Achsen schlägt man die halbe Länge der Quadratdiagonalen auf die Achsen und verbindet die so erzeugten Punkte.

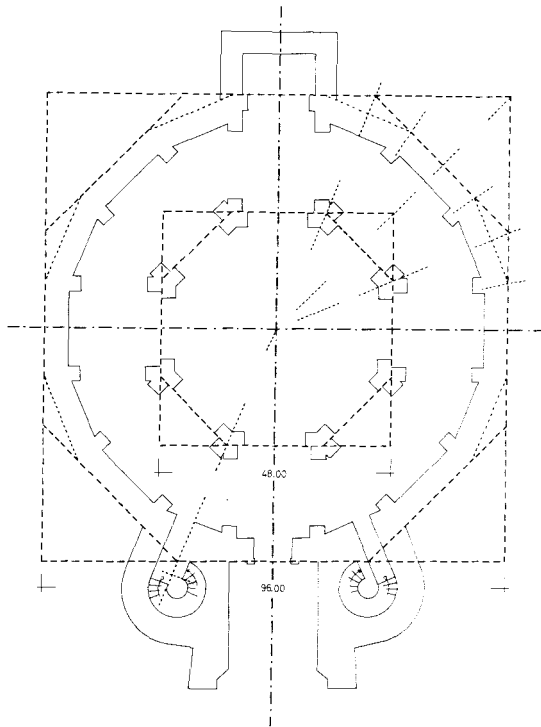


Abb. 16: Aachen Pfalzkirche, Austragung des Grundrisses 1:500

Meßlatte einrichten: 3' für die Pfeilerstärke des Achtecks, 5' für die Außenmauer des Sechzehnecks, $2\frac{1}{2}'$ für die Pfeilerschenkel, 15' für die Rechteckjoche im Umgang, schließlich $2\frac{3}{4}'$, $2\frac{1}{2}'$ und $3\frac{1}{8}'$ für die Randbögen und für die Gurte des Umgangs. Übrig blieben im Umgang die dreieckigen Joche⁵⁸⁾. Im Westbau erhielt die Vorhalle $18\frac{1}{2}'$ Breite⁵⁹⁾, die Front 35'⁶⁰⁾. Um die beiden Wendeltreppen auszutragen, verlängerte man zwei Diagonalen des Achtecks, trug auf ihnen, 12' von der inneren Flucht des Sechzehnecks entfernt, eine Querlinie ab und setzte in diesen Winkel die 4' starke Treppenspindel⁶¹⁾. Der Treppenlauf erhielt nochmals 4'⁶²⁾, die Außenmauer $5\frac{1}{2}'$.

⁵⁸⁾ In der Austragung sind demnach die Dreieckjoche des Umgangs den Rechteckjochen keineswegs gleichwertig. Für den Raumeindruck gilt dasselbe (Frankl 1926, S. 18 f.).

⁵⁹⁾ Die Vorhalle ist breit 6,30 m, hoch 6,37 m ($18\frac{1}{2}' = 6,35$ m).

⁶⁰⁾ 12,025 m ($35' = 12,01$ m).

⁶¹⁾ 1,38 m ($4' = 1,37$ m).

⁶²⁾ Das Lichtmaß der Treppe 4,10 m ($3 \times 4' = 12' = 4,12$ m).

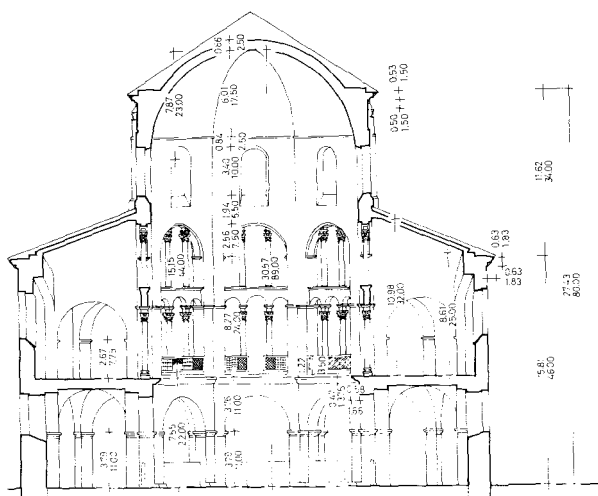


Abb. 17: Aachen Pfalzkirche, Querschnitt 1:500

Zum *Aufbau* des Inneren (Abb. 17) hat Faymonville 1909 einige Maßzahlen genannt, ebenso Buchkremer 1947, genauso Kreusch 1961 und 1965. Etliche weitere Vertikalmaße habe ich, wie gesagt, brieflichen Mitteilungen des Herrn Dombaumeisters Kreusch zu verdanken.

Für die Geometrie des Achteckraumes — Geometrie im mittelalterlichen Sinn als „Kunst des Messens“ verstanden — sind zwei Zäsuren von Bedeutung. Die eine ist mit dem weit ausladenden, das Umgangsgeschoß abschließenden Gesims deutlich bezeichnet. Die andere ist dagegen dort, wo in Kämpferhöhe der Obergadenfenster das lotrechte Mauerwerk endet und die vorkragenden Gewölbeschichten einsetzen, kaum merklich, zumal das oberhalb der Fensterscheitel umlaufende Gesims die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Die Höhen dieser Abschnitte angeschrieben⁶³⁾:

7,87	} 30,57	23,00	} 89,00	7,89	} 30,54	—2	} +3
15,15		44,00		15,10		+5	
7,55		22,00		7,55		—	

⁶³⁾ Aus der Pfeilhöhe (7,87 m) und aus der halben Spannweite (7,23 m) des Gewölbes berechnet sich der Radius der Gewölbekurve zu 7,90 m. Angesichts der Schwierigkeit, die genannten Baumaße exakt zu erfassen — im genannten Maß der Pfeilhöhe ist die auf 5 cm geschätzte Stärke des modernen Kuppelmosaiks enthalten, die Spannweite ist ein aus dem Umfang des Achtecks errechneter Idealwert — und wegen der auch hier nicht auszuschließenden (geringen) Bauungenauigkeit ist nicht zu entscheiden, ob man in der Planung des Gewölbes und beim Austragen des Lehrgerüsts vom Radius, oder ob man von der Pfeilhöhe des Gewölbes ausgegangen ist, denn 23' = 7,89 m. Im Rechenschema hat das Vertikalmaß diese Fußzahl erhalten.

Hebt man nicht darauf ab, daß das Gewölbe um 1' höher ist als das Umgangs-
geschoß — mit leiser Zuspitzung und entsprechend deutlicherer Entwicklung der
Kehlen zog die Walmkonstruktion daraus ihren Vorteil — so stehen diese den
Aufbau des Hauptraumes bestimmenden Maße zueinander (etwa) im selben Ver-
hältnis, das für die Hauptmaße des Grundrisses — $24':48':24' = 1:2:1$ — bezeich-
nend ist.

In Abb. 17 ist für das Innere der Pfalzkirche des weiteren angegeben:

0,86		2,50		0,86		—	
6,01		17,50		6,00		+1	
0,84		2,50		0,86		—2	
3,40		10,00		3,43		—3	
1,94	30,57	5,50	89,00	1,89	30,54	+5	+3
2,56		7,50		2,57		—1	
8,27		24,00		8,23		+4	
3,76		11,00		3,77		—1	
3,79		11,00		3,77		+2	
2,67		7,75		2,66		+1	
3,79		11,00		3,78		+1	
0,47		1,375		0,47		—	
0,58		1,66		0,57		+1	
1,22		3,50		1,20		+2	
1,75		5,00		1,72		+3	
10,98		32,00		10,98		—	
8,61		25,00		8,58		+3	

Und für das Äußere:

11,62		34,00		11,67		—5	
15,81	27,43	46,00	80,00	15,78	27,45	+3	—2
0,53		1,50		0,51		+2	
0,50		1,50		0,51		—1	
0,63		1,83		0,63		—	
0,63		1,83		0,63		—	

Die Traufhöhe des Achtecks ist 80'⁶⁴⁾. Die Traufhöhe des Sechzehnecks unterteilt
diese Strecke im Verhältnis 3:4 soweit, als dies in ganzen Zahlen möglich ist⁶⁵⁾.

⁶⁴⁾ Das Gesims besteht aus zwei Quaderschichten, von denen nur die untere mit ihrem
ganzen Profil erhalten blieb. Von der oberen ist wenigstens die Schichthöhe noch zu
messen (Buchkremer 1947).

⁶⁵⁾ Daß der Maßzahl der Vorrang gebührt, falls sie mit einem Zahlenverhältnis in Kon-
flikt gerät, ist einstweilen erst für die nachmittelalterliche Architektur nachgewiesen.

Das Gesims des Sechzehnecks läuft am Äußeren des Westbaues weiter⁶⁶). Hier lag der Scheitel der Frontnische bei 20,56 m ($60' = 20,59$ m). Das oberste Gesims bezeichnet die Höhe 21,95 m ($64' = 21,96$ m).

In unserer Maßeinheit läßt sich jede weitere Strecke am Bauwerk — so die Abmessungen des kleinen Westfensters im Emporengeschoß (Abb. 18), die sich im drusianischen Fuß nicht hatten ausdrücken lassen⁶⁷) — wie an der Ausstattung der Pfalzkirche — so die Abmessungen der Bronzetüren⁶⁸) und -gitter — ebenfalls in schlichten Maßzahlen darstellen.

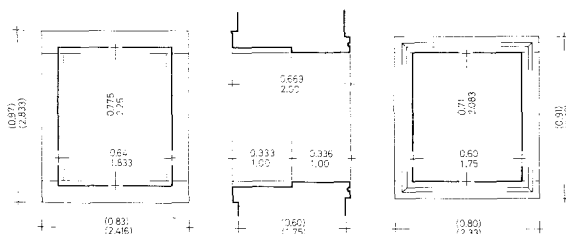


Abb. 18: Aachen Pfalzkirche, Kleines Westfenster 1:40

Die Maßgenauigkeit der Ausführung läßt sich abschätzen, sobald die tatsächlichen Längen analoger Strecken bekannt sind⁶⁹).

Für die in vorliegende Berechnung eingeführten Strecken der Pfalzkirche betragen die zwischen den IST- und den SOLL-Maßen festgestellten Differenzen im Mittel $+2/-2$ cm; sie reichen im Einzelfall bis $+10/-10$ cm⁷⁰).

⁶⁶) Die folgenden Maßzahlen bei Haupt 1913 und Kreusch 1965.

⁶⁷) (Kreusch 1965, S. 488). Dies gilt auch für den einzigen am Bauwerk vorkommenden Granitquader. Er mißt $0,86 \times 0,46 \times 0,52$ m ($2\frac{1}{2}' = 0,86$ m, $1\frac{1}{3}' = 0,46$ m, $1\frac{1}{2}' = 0,51$ m).

⁶⁸) Faymonville 1909 nannte für die Türflügel folgende Maße: Wolfstüre $1,375 \times 3,953$ m ($4' = 1,37$ m, $11\frac{1}{2}' = 3,95$ m), kleine Türen $0,705 \times 2,397$ m ($2' = 0,69$ m, $7' = 2,40$ m).

⁶⁹) Im genannten Maßblatt des Grundrisses sind für mehrfach auftretende Baumaße dem SOLL-Wert gegenüber folgende Spielräume ausgewiesen:

Achteck	Seitenlänge	+ 8/— 3 cm
	Pfeiler Ausladung	+ 3/ 0 cm
	Öffnung	+ 5/— 4 cm
	Pfeiler stark	+ 4/+ 1 cm
Umgang	Rechteckjoch peripher	+ 9/— 9 cm
	radial Gurt (innen)	+ 7/+ 2 cm
	Joch	0/— 3 cm

Wie zu erwarten, sind diese im Bauvorgang unterlaufenen Abweichungen größer als die zwischen IST-Maß und (ausgemitteltem) SOLL-Maß nachgewiesenen Differenzen.

⁷⁰) Wo analoge Werte verfügbar waren, ist deren algebraisches Mittel in das Rechen-schema eingegangen.

Im Atrium⁷¹⁾ messen die dem ersten Bauzustand zugehörigen Konchen im Grundriß außen 8,57 m, innen 6,33 m, die Mauerstärke also 1,12 m; die Kämpferhöhe dieser Konchen beträgt wenigstens 6,36 m. Also:

1,12	} 8,57	3,25	} 25,00	1,12	} 8,58	—	} —1
6,33		18,50		6,35		—2	
1,12		3,25		1,12		—	
6,36		18,50		6,35		+1	

Im zweiten Bauzustand (Abb. 19) mißt der Hof des Atriums im Mittel 17,15 m (östlich 17,28 m, westlich 17,02 m) \times 35,93 m.

17,15	50,00	17,16	—1
35,93	105,00	36,03	—10

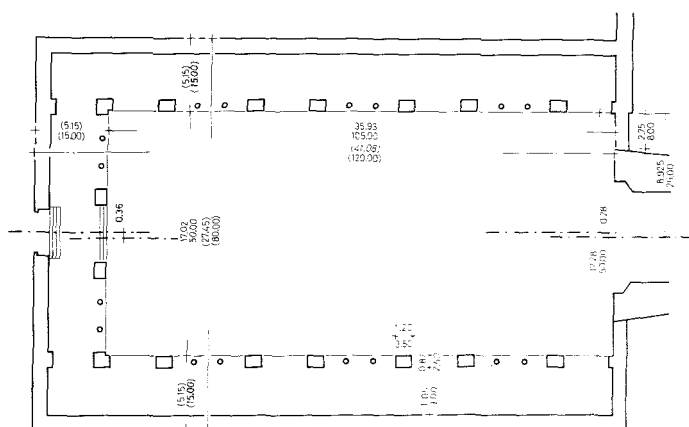


Abb. 19: Aachen Pfalzkirche, Atrium Grundriß 1:500

Die Tiefe der Hallen einschl. Sockelmauer der Arkatur und Fundament der Außenmauer) läßt sich im Osten der Nordhalle zu (5,15) m abgreifen (15' = 15,15 m)⁷²⁾. Das Gesamtmaß des Atriums ist demnach in der Breite 15' + 50' + 15' = 80', in der Länge 15' + 105' = 120', mithin Breite : Länge = 2:3.

In der nördlichen Langseite des Atriums wurden gemessen⁷³⁾: Die sechs Freipfeiler 0,70 \times 1,20 m (2' = 0,69 m, 3 1/2' = 1,20), die vier Pfeilerjoche „durchschnittlich 3,20 m“ (9 3/8' = 3,22 m), die drei Säulenjoche jeweils „ca. 5,20 m“ (15' = 5,15 m),

⁷¹⁾ Maßzahlen nach Buchkremer 1898 bzw. 1928 und Kreusch 1958 bzw. 1965.

⁷²⁾ Die Sockelmauer der Arkatur 0,85 m (2 1/2' = 0,86 m), die Außenmauer 1,05 m (3' = 1,03 m), die Halle i. L. also 9 1/2'.

⁷³⁾ Buchkremer 1898 und 1928.

die Endpfeiler 0,26 m ($\frac{3}{4}' = 0,26$ m). Demnach läßt sich diese Arkatur so anschreiben: $6 \times 3\frac{1}{2}' + 4 \times 9\frac{3}{8}' + 3 \times 15' + 2 \times \frac{3}{4}' = 105\frac{7}{8}'$.

Gibt man der Schmalseite des Atriums, wie Buchkremer rekonstruierte, ein von Säulenjochen flankiertes Pfeilerjoch, so lautet die Aufteilung in den Maßen der Langseiten: $2 \times 3\frac{1}{2}' + 1 \times 9\frac{3}{8}' + 2 \times 15' + 2 \times \frac{3}{4}' = 47\frac{7}{8}'$. Um 50' zu erreichen, wären die fehlenden $2\frac{1}{8}'$ entweder hälftig den Säulenjochen oder — was eher glaubhaft ist — im Ganzen dem in der Hauptachse des Atriums liegenden Eingangs-joch zuzuschlagen ($9\frac{3}{8}' + 2\frac{1}{8}' = 11\frac{1}{2}'$).

Mitten in der Westmauer öffnet sich ein 2,58 m ($7\frac{1}{2}' = 2,57$ m) weites Portal. Am Hof sind die Sockelmauer 0,60 m ($1\frac{3}{4}' = 0,60$ m), die Stützen 3,60 m ($10\frac{1}{2}' = 3,60$ m) hoch.

Von der *Aula* ist der Grundriß bekannt (Abb. 20). In der Querrichtung lauten die Maßzahlen⁷⁵⁾:

0,18		0,50		0,17		+1
1,45	} 1,78	4,25	} 5,25	1,46	} 1,80	-1
0,33		1,00		0,34		-1
17,20		50,00		17,16		+4
0,33	} 1,78	1,00	} 5,25	0,34	} 1,80	-1
1,45		4,25		1,46		-1
0,18		0,50		0,17		+1
						-2
						+2
						-2

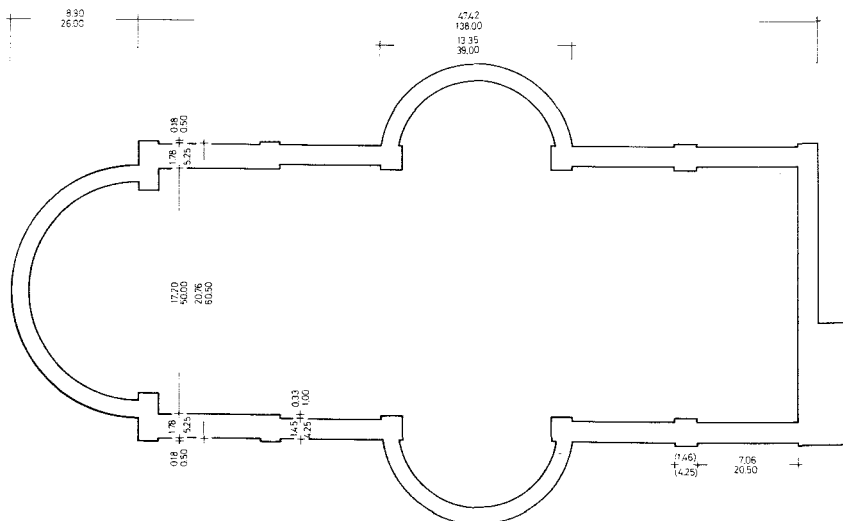


Abb. 20: Aachen Pfalz aula, Grundriß 1:500

⁷⁴⁾ Pfeilerjoch ($9\frac{3}{8}'$): Säulenjoch ($15'$) = 5:8.

⁷⁵⁾ Nach Hugot 1965.

In der Längsrichtung sind bekannt: für den Saalbau das Gesamtmaß 47,42 m, der äußere Durchmesser der (nördlichen) Seitenapsis 13,35 m, dazu in der Südfront die Breite einer Blende 7,06 m und die Breite einer Lisenen „mehr als 1,42 m“ bzw. „rd. 1,50 m“. Dies angeschrieben:

47,42	138,00	47,35	+7
13,35	39,00	13,38	—3
7,06	20,50	7,03	+3
(1,46)	4,25	1,46	—

Gliedert man die Langseite der Aula, wie dies Hugot 1965 in einer Rekonstruktionszeichnung dargestellt hat, mit vier Blenden, die nach innen von der Apsis, nach außen von Lisenen begrenzt werden, so ergibt die Rechnung: $39' + 4 \times 20\frac{1}{2}' + 4 \times 4\frac{1}{4}' = 138'$.

Rechnet man in der Hauptachse die Ausladung der Westapsis (8,90 m, $26' = 8,92$ m) und die Breite des Granusturmes ($[7,20]$ m, $21' = 7,21$ m) hinzu, so erhält man als Gesamtlänge (185)'. — Für den Aufbau steht nur die Höhenlage der Fenstergalerie zur Verfügung. Ihr Fußboden liegt 13,01 m ($38' = 13,04$ m) über dem Fußboden des Saales.

Ein zweigeschossiger *Verbindungsgang* zieht sich von der Aula zur Pfalzkirche (Abb. 21). Die Abmessungen seines Querschnitts⁷⁶⁾:

vertikal:

2,89	} 9,28	8,50	} 27,00	2,92	} 9,26	—3	} +2
4,99		14,50		4,97		+2	
1,40		4,00		1,37		+3	
4,05	} 9,28	11,75	} 27,00	4,03	} 9,26	+2	} +2
5,23		15,25		5,23		—	

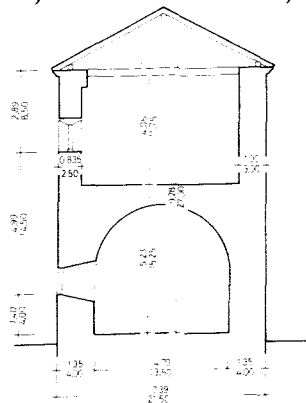


Abb. 21: Aachen Pfalz, Verbindungsgang Querschnitt 1:250

⁷⁶⁾ Nach Kreusch 1965.

horizontal:

0,835	2,50	0,86	—2
1,00	3,00	1,03	—3
1,35	4,00	1,37	—2
4,70	13,50	4,63	+7
1,35	4,00	1,37	—2
7,39		21,50	
		7,38	
		+1	

In diesen Verbindungsgang mittig eingebunden ist ein *Querbau*, dessen Fundamente zu $15,10 \times 29,57$ m eingemessen sind. Rückt man die Flucht des Aufgehenden allseits von der Fundamentkante um $0,17 \text{ m } \frac{1}{2}' = 0,17 \text{ m}$ zurück, so erhält man:

14,76	43,00	14,75	+1
29,23	85,00	29,16	+7

Im *Lageplan* stellen sich die Entfernungen zwischen Aula, Querbau und Atrium bzw. Pfalzkirche so heraus (Abb. 22): Von der Aula bis zur Nordwestkante der

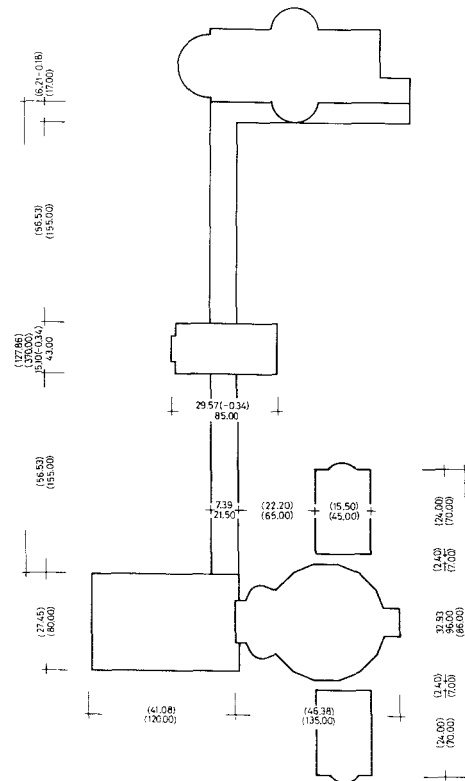


Abb. 22: Aachen Pfalz, Lageplan 1:2000

Pfalzkirche sind es 135,16 m⁷⁷⁾ ($394' = 135,22$ m). Davon entfallen im Norden 17' auf die Aulaportikus⁷⁸⁾, in der Mitte 43' auf den Querbau, im Süden 15' + 8' = 23' auf die Entfernung der Nordflucht des Atriums von der genannten Kante der Pfalz-kirche⁷⁹⁾; so verbleiben für die beiden Abschnitte des Verbindungsganges je 155'.

Von der Südfront der Aula bis zur Achse des Atriums sind es demnach $17' + 155' + 43' + 155' + 40' = 410'$.

Wie diese Maßzahlen deutlich machen, hat man die ostwestlichen Achsen und Fluchten von Aula, Zwischenbau und Atrium in einem systematischen Meßvorgang planmäßig aufeinander bezogen. Die Achse der Pfalz-kirche dagegen wurde auf die Altarstelle eines vorausgegangenen Kirchenbaues eingerichtet⁸⁰⁾. So ergab sich die etwa 1' große, bisher unerklärliche Achsenversetzung zwischen Atrium und Pfalz-kirche.

Auch die Abmessungen und Distanzen der beiden Anexbauten der Pfalz-kirche — Meterzahlen sind dafür nicht greifbar — scheinen sich in runden Fußzahlen ausdrücken zu lassen.

Aus der Gesamtheit der für die Bauten der Pfalz genannten Maße ergibt sich die Länge des Fußes zu 34,32 cm. Die IST-Maße differieren von den SOLL-Maßen im Mittel um +2/—2 cm, im Einzelfall bis +12/—14 cm. Von den hier erfaßten 109 Maßen der Pfalz wurden 83% innerhalb eines ± 3 cm großen Spielraumes verwirklicht. Wie gewohnt gibt die Kurve Auskunft über die Größe und Verteilung der Bauungenauigkeit im Ganzen (Abb. 23).

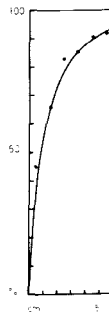


Abb. 23: Aachen Pfalz,
Größe und Häufigkeit der Differenzen zwischen Soll- und Istmaßen

⁷⁷⁾ Nach Kreusch 1965.

⁷⁸⁾ Die Vorderkante des Fundaments unter der Portikusfront liegt 6,21 m ($18' = 6,18$ m) vor der Aula (Hugot 1965).

⁷⁹⁾ Vgl. Abb. 19.

⁸⁰⁾ Kreusch 1958, S. 38 und Bild 37.

Um das Ergebnis dieser auf die Untersuchung der Goldbacher Kapelle folgenden Maßberechnungen⁸¹⁾ zusammenzufassen:

Die am Bodensee festgestellte Maßeinheit (34,24 cm) ist in Bauten der Karolingerzeit auch anderswo mit nahezu demselben Wert zu finden, so in Großendorf (34,19 cm), in Lorsch (34,48 cm) und in Steinbach (34,29 cm). Das algebraische Mittel dieser vier Werte — 34,30 cm — ist mit dem an den Bauten der Pfalz zu Aachen ermittelten Wert — 34,32 cm — sozusagen identisch. So dürfen wir die Maßeinheit in dieser Größe als den karolingischen Fuß ansprechen.

Daß die in den Bauten der Aachener Pfalz festgelegte Maßeinheit draußen im Land bis zu +0,16/—0,13 cm — dies sind +0,46/—0,38 ‰ — vom Normalwert abweicht, darf nicht verwundern, denn zum einen ist es gewiß nicht möglich gewesen, die Vielzahl der von der staatlichen Verwaltung benötigten Normale mit handwerklichen Mitteln in identischen Abmessungen herzustellen und zum anderen dürfte man mit dem Normalwert der Maßeinheit auf einer Baustelle der Karolingerzeit kaum sorgfältiger umgegangen sein als dies noch im späten 19. und im beginnenden 20. Jahrhundert üblich gewesen ist.⁸²⁾

* * *

⁸¹⁾ Es wäre verlockend, diese Maßeinheit auf weitere Bauten der Zeit anzuwenden. Ein einziges Bauwerk, der von Karls d. Gr. vormaligem Hofkaplan, dem Erzbischof Hiltebold, begonnene Kölner Dom sei nach den von W. Weyres genannten Maßzahlen wenigstens angespielt: Mauerstärken 1,70 m (5,00'), 1,35 m (4,00') und 1,20 m (3,50'). Langhaus Quermaße: Mittelschiff 12,33 m (36,00'), Arkatur 0,93 m (2,75'), Seitenschiffe 6,20 m (18,00'), Langhaus i. L. 26,60 m (77,50'). Langhaus Längsmaße: Achsmaß der Arkatur 5,67 m (16,50', davon dem Pfeiler wohl 3,50' = 1,20 m und dem Bogen 13,00' = 4,47 m), Länge der östlichen Antenmauer 4,30 m (12,50'), Länge der westlichen Antenmauer 5,45 m (16,00').

⁸²⁾ Im Jahre 1881 meldete die Deutsche Bauzeitung (S 288): „Zur Verwendung ungeeichter Maßstäbe. In diesen Tagen wurden auf einem noch im Stadium des Rohbaues befindlichen Neubau in Berlin durch Steuerbeamte die daselbst in den Händen der Zimmer- und Mauerpoliere befindlichen Maßstäbe — rohe Latten, welche diese Werkleute sich für ihren Gebrauch selbst anzufertigen pflegen — konfisziert, weil sie nicht geeicht seien. Sollte diese Beschlagnahme aufrecht erhalten werden, oder sogar zu einer Bestrafung führen, so würden die deutschen Bauunternehmer auf der Hut zu sein alle Ursache haben ... Inzwischen dürfte es sich fragen, ob es nicht geraten sei, auch die auf den Reißbrettern der Ateliers befindlichen Maßstab-Lineale außer Funktion zu setzen, um nicht eventuell staffällig zu werden.“ — Noch zu Anfang unseres Jahrhunderts wurde festgestellt (K. Knöll, Die Bauführung, Leipzig 1910, S. 61): „Zum Abstecken von Längenmaßen benützt man die sogenannten Meßlatten (Maßlatten), 3 × 5 cm starke und 3 bis 5 m lange gehobelte Dachlatten, auf denen die Längen mittels Bleistiftstrichen abgetragen sind.“ — Hat man sich auf einer karolingischen Baustelle in vergleichbarer Weise beholfen, war mit völliger Identität und Konstanz der Maßeinheit kaum zu rechnen.

Zum Schluß die Probe aufs Exempel:

Karl der Große hat in seinem Reich eine *Maßreform* durchgeführt. Welcher Art diese Reform war, welche Größen von ihr in welchem Ausmaß betroffen wurden, ist den spärlichen Nachrichten, die uns blieben — sie berichten nur von einer Vergrößerung des Hohlmaßes — nicht zu entnehmen⁸³). Doch darf als gewiß gelten, daß die Maßeinheiten der geometrischen Dimensionen — Länge, Fläche, Kubus — und über das Hohlmaß auch das Gewicht — damals genauso wie in der Antike und wie, vereinzelt wenigstens, auch für das spätere Mittelalter nachgewiesen⁸⁴), in einem System aufeinander bezogen waren. So war es dem Benützer möglich, mit geringer Mühe von der einen Dimension in die andere überzugehen und zudem bot diese Verkettung der Einheiten eine gewisse Gewähr für die Stabilität einer jeden Einheit.

In der Antike, genauso im späteren Mittelalter, war über das Münzpfund auch die Währung in dieses System aufgenommen. Dieser Umstand ist in unserem Zusammenhang wichtig, denn zwar sind Zollstöcke, Pfundgewichte oder andere Verkörperungen einer Maßeinheit aus karolingischer Zeit nicht auf uns gekommen. Wir besitzen jedoch zahlreiche Münzen, die nach Einführung der genannten Reform geprägt wurden. So müßte möglich sein, vom Gewicht dieser Silberdenare ausgehend — mit Hilfe der überlieferten Verhältniszahl — das Gewicht des Münzpfundes zu errechnen und in einem zweiten Schritt das Münzpfund — mit Hilfe einer weiteren, in Vergessenheit geratenen, vermutlich handlichen Verhältniszahl — mit jener Maßeinheit in Verbindung zu bringen, in der sich das Gewicht und das Längenmaß treffen, dem Gewicht eines Kubikfußes Wasser. Rechnen wir also⁸⁵):

Guérard, Morrison und Suchodolski haben das Gewicht des Silberdenars übereinstimmend mit 1,7 g angegeben. Aus einem Münzpfund Silber wurden 240 solcher Denare ausgebracht. Also entsprach dieses Pfund $1,7 \times 240 =$ etwa 408 g.

Nun der zweite Schritt, ausgehend von dem für die Bauten der Aachener Pfalz festgestellten Fußmaß: Der zugehörige Kubikfuß Wasser wiegt 40,424 kg. Davon ist das Münzpfund — etwa 408 g — offenkundig der 100. Teil, anders gesagt: Dieser Kubikfuß Wasser ist der „Zentner“ des Münzpfundes. Das in Vergessenheit geratene Zahlenverhältnis der beiden Größen könnte handlicher nicht gedacht werden.

Rechnen wir aus dem Kubikfuß das Gewicht des Silberdenars zurück, so erhalten wir $40424 \text{ g} : 100 : 240 = 1,68 \text{ g}$. Für die in der Bibliothèque Nationale aufbewahrten 694 Reformdenare ermittelte Naster 1,68 g. Verhältniszahlen und Größen — auch die hier ermittelte Größe des Fußes — fügen sich zum Maßsystem Karls des Großen.

⁸³) Arens 1938, S. 36. — Horn, W., The „Dimensional Inconsistencies“ of the Plan of Saint Gall and the problem of the Scale of the plan, in: The Art Bulletin, 48, 1966, S. 290 und Anm. 30—40.

⁸⁴) Zum Maßsystem der Stadt Freiburg i. Br. im Vergleich mit dem römisch-antiken Maßsystem vgl. Abhandl. der Braunschw. Wiss. Gesellschaft 17, 1965, S. 191.

⁸⁵) Zum Folgenden Grierson 1965.

Daß dieses System aus einem römisch-antiken Maß abgeleitet sei, ist zu vermuten. Zwei Möglichkeiten bieten sich an: Entweder wurde das römische Pfund (12 unciae) im Verhältnis 4:5 auf 15 unciae gebracht oder der römische Fuß (12 unciae) wurde im Verhältnis 6:7 auf 14 unciae vergrößert. Im einen Fall wäre man von einem 323,39 g schweren Pfund ausgegangen (Nissen gab dem römischen Pfund den Normalwert 327,45 g), im anderen Fall hätte man sich auf einen 29,417 cm großen römischen Fuß berufen (v. Gerkan nannte für den römischen Fuß 29,42 cm). In dieser Alternative eine Entscheidung zu treffen ist so lange nicht möglich, als wir nicht wissen, wie das römische Pfund bzw. der römische Fuß im Blickwinkel des frühen Mittelalters zu werten sind.

Zu welchem Zeitpunkt Karl der Große seine Maßreform verkündet hat, ist nicht überliefert. Auf der Frankfurter Synode des Jahres 794 war die Rede vom *modium publicum et noviter statutum*. Grierson hat für diesen Zeitpunkt die Jahre 793/794 genannt. Die Pfalzkirche in Aachen hat Karl, wie Braunsfels annimmt, im Jahre 794 zu bauen begonnen. So wird überall, wo sich die Reichsverwaltung durchsetzen konnte, der 34,32 cm große karolingische Fuß seit damals die bislang üblichen Einheiten verdrängt haben.

Literatur

- Adamy, R.: Die Einhard-Basilika zu Steinbach im Odenwald, Hannover 1885.
 —, — Architektonik des muhamedanischen und romanischen Stils, Hannover 1887.
 —, — Die fränkische Torhalle und Klosterkirche zu Lorsch, a. d. Bergstraße, Darmstadt 1891.
 Arens, F.: Das Werkmaß in der Baukunst des Mittelalters, Diss. Würzburg 1938.
 —, — Die Maßverhältnisse der Torhalle zu Lorsch und gleichzeitiger Bauten der Umgebung, in: Die Reichsabtei Lorsch, Festschrift zum Gedenken an ihre Stiftung 764, Darmstadt (die Festschrift war für das Jubiläumsjahr vorgesehen; sie ist noch im Druck).
 —, — Gleichgroße Kirchen des 12. Jahrhunderts, in: Beiträge zur rheinischen Kunstgeschichte und Denkmalpflege II (Die Kunstdenkmäler des Rheinlandes, Beiheft 20), Düsseldorf 1974, S. 83.
 Behn, F.: Neue Ausgrabungen und Untersuchungen an der Einhards-Basilika zu Steinbach im Odenwald, in: Mainzer Zeitschrift, 27, 1932, S. 1.
 —, — Die karolingische Klosterkirche zu Lorsch a. d. Bergstraße, Berlin und Leipzig 1934.
 Bock, C. P.: Bericht über die baulichen Altertümer des Aachener Domes, 1840 (ungedrucktes Manuskript im Domarchiv zu Aachen).
 Boeckelmann, W.: Von den Ursprüngen der Aachener Pfalzkapelle, in: Wallraf-Richartz-Jahrbuch, 19, Köln 1957, S. 12.
 —, — Die Stiftskirche zu Neustadt am Main, Berlin 1965.
 Buchkremer, J.: Das Atrium der karolingischen Pfalzkapelle zu Aachen, in: Ztschr. d. Aachener Geschichtsvereins 20, 1898, S. 247.

- , — Zur Baugeschichte des Aachener Münsters, in: ebenda, 22, 1900, S. 198.
- , — Neue Funde des karol. Atriums der Münsterkirche, in: ebenda 1926/27, Aachen 1928, S. 279.
- , — Untersuchungen zum karolingischen Bau der Aachener Pfalzkapelle, in: Ztschr. f. Kunstwiss. I, 1947, S. 1.
- Busen, H.: Kloster und Klosterkirche zu Corvey, in: Kunst und Kultur im Weserraum 800—1600, Katalog der Ausstellung, Münster 1966, S. 16.
- Faymonville, K.: Der Dom zu Aachen, München 1909.
- , — Das Münster zu Aachen (Die Kunstdenkmäler der Rheinprovinz, Bd. 10, I Das Münster zu Aachen), Düsseldorf 1916.
- Frankl, P.: Die frühmittelalterliche und romanische Baukunst, Wildpark-Potsdam 1926 (Handb. d. Kunstwiss.).
- Freckmann, K.: Proportionen in der Architektur, München 1965.
- Gerkan, A. v.: Der Tempel von Didyma und sein antikes Baumaß, in: Wiener Jahreshefte, 32, 1940, S. 127.
- Grierson, Ph.: Money and coinage under Charlemagne, in: Karl der Große, Bd. 1 Persönlichkeit und Geschichte, Düsseldorf 1965, S. 526.
- Hanftmann, B.: Die Benediktiner als Architekten bis in die Zeit der Gotik, in: Studien und Mitteilungen zur Geschichte des Benediktinerordens, 48, NF 17, München 1930, S. 229.
- Haupt, A.: Die Pfalzkapelle Kaiser Karls des Großen zu Aachen, Leipzig 1913.
- Hecht, K., Maß und Zahl in der gotischen Baukunst, in: Abhandl. d. Braunschweig. Wiss. Gesellsch. I, 21, 1969 (1970); II, 22, 1970 (1972); III, 23, 1971 (1973).
- , — Maßverhältnisse und Maße der Capella Pazzi, in: architectura, Zeitschrift für Geschichte der Architektur, 1976, S. 148.
- Hugot, L.: Der Westbau des Aachener Domes, in: Aachener Kunstblätter, Heft 24/25, Aachen 1962/63, S. 108.
- , — Die Pfalz Karls des Großen in Aachen, in: Karl der Große, Bd. 3 Lebenswerk und Nachleben, Karoling. Kunst, Düsseldorf 1965, S. 534.
- Hultsch, F.: Griechische und römische Metrologie, Berlin 1882.
- Juraschek, F.: Der langobardische Fuß und die vorkarolingische Martinskirche in Linz, in: Archaeologia Austriaca, Wien 1949, S. 132.
- , — Die Rauten der Königshalle in Lorsch und die Triumphalarchitektur der Spätantike, in: Forschungen zur Kunstgesch. u. christl. Archäol. I, 2, Wiesbaden 1954.
- Kossmann, B.: Einstens maßgebende Gesetze bei der Grundrißgestaltung von Kirchenbauten, Straßburg 1925.
- Kottmann, A.: Langobardische Baumeister in Lorsch und in Hirsau, Führer Nr. 826 des Schnell und Steiner-Verlags, München und Zürich 1965.
- , — Das Geheimnis romanischer Bauten, Stuttgart 1971.
- Kreusch, F.: Über Pfalzkapelle und Atrium zur Zeit Karls des Großen (Dom zu Aachen, Beiträge zur Baugeschichte IV), Aachen 1958.
- , — Das Maß des Engels, in: Festschrift für W. Weyres, hrsg. von J. Hoster und A. Mann, Köln 1963.
- , — Kirche, Atrium und Portikus der Aachener Pfalz, in: Karl der Große, Bd. 3 Lebenswerk und Nachleben, karoling. Kunst, Düsseldorf 1965, S. 463 (auch als: Dom zu Aachen, Beiträge zur Baugeschichte V).

- , — Werkrise und Werkmaß der Chorhalle des Aachener Domes, in: Beiträge zur rheinischen Kunstgeschichte und Denkmalpflege II (Die Kunstdenkmäler des Rheinlandes, Beiheft 20), Düsseldorf 1974, S. 115.
- Kutsch, F.: Die St. Egidienkirche zu Mittelheim, in: Der Rheingau 1, 1928, S. 94.
- Moessel, E.: Vom Geheimnis der Form und der Urform des Seins, Stuttgart und Berlin 1938.
- Müller, O.: Die Einhardts-Basilika zu Steinbach bei Michelstadt im Odenwald, Diss. Leipzig 1936.
- Nissen, H.: Griechische und römische Metrologie, in: Handb. d. klassischen Altertumswissenschaft, Bd. 1: Einleitende und Hilfsdisziplinen, Nördlingen 1886.
- Ostendorf, F.: Die deutsche Baukunst im Mittelalter, Berlin 1922.
- Raper, Enquiry into the measure of the Roman foot, in: Philosophical Transactions 1760, p. 774.
- Rave, W.: Corvey, Münster i. W. 1958.
- Reinle, A.: Neue Gedanken zum St. Galler Klosterplan, in: Ztschr. f. schweiz. Archäol. und Kunstgeschichte, 23, 1963/64, S. 91.
- Schalkenbach, J.: Ein karolingisches Proportionsschema, in: Deutsche Kunst und Denkmalpflege, 1940/41, S. 190.
- Schlosser, J. v.: Die abendländische Klosteranlage, Wien 1889.
- , — Quellenbuch zur Kunstgeschichte des abendländischen Mittelalters. Wien 1896.
- Schubert, O.: Gesetz der Baukunst, Leipzig 1954.
- Spieß, H.: Die Maße der Torhalle, in: Die Reichsabtei Lorsch, Festschrift zum Gedenken an ihre Stiftung 764, Darmstadt (die Festschrift sollte im Jubiläumsjahr erscheinen; sie ist noch im Druck).
- , — Maße und Proportionen der Einhardbasilika in Steinbach und verwandter Bauten, in: Kunst in Hessen und am Mittelrhein, Darmstadt 1968, S. 7.
- Stephany, E.: Der Dom zu Aachen, Mönchen-Gladbach 1958.
- Szakai, E.: „Gotisch“-geometrische Konstruktionen im Bauwesen und in der Steinbildhauerei, in: Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae, 67, 1970, p. 65.
- Walbe, H.: Die Remigiuskirche in Büdingen-Großendorf, in: Deutsche Kunst und Denkmalpflege, 1940/41, S. 174.
- Weyres, W.: Der karolingische Dom von Köln, in: Karl der Große, Bd. 3, Düsseldorf 1965, S. 384.